



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Mejoramiento Genético

Trabajo de Graduación

Comportamiento agronómico de 19 genotipos de frijol común
(*Phaseolus vulgaris* L.) en seis ambientes bajo condiciones de
sequía y suelos deficientes en fósforo, 2015-2016

Autor

Ing. Noel Duarte Rivas

Asesores

Dr. Oscar Gómez Gutiérrez

MSc. Aurelio Llano González

Managua Nicaragua

21 de Septiembre 2018



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Mejoramiento Genético

Trabajo de Graduación

Comportamiento agronómico de 19 genotipos de frijol común
(*Phaseolus vulgaris* L.) en seis ambientes bajo condiciones de
sequía y suelos deficientes en fósforo, 2015-2016

Autor

Ing. Noel Duarte Rivas

Asesores

Dr. Oscar Gómez Gutiérrez

MSc. Aurelio Llano González

Presentado ante el tribunal examinador como requisito final para optar al
grado de maestro en ciencias en mejoramiento genético vegetal

Managua Nicaragua

21 de Septiembre 2018

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir mis sueños, por haberme dado la sabiduría y la orientación necesaria para poder culminar con éxito mis estudios. Él fue y será mi fuente de fortaleza para enfrentar los retos de mi vida. No tengo palabras para ilustrar lo bendecido que soy al tener a mi dios durante todo este tiempo, su gracia es infinita al permitirme estar vivo y disfrutar este momento de alegría.

A mi familia por estar conmigo en los momentos de alegría y tristeza, por confiar en mí, por sembrar en mi vida las ganas de superación personal y profesional. Por el respeto y cariño que a diario recibo. No podre mencionar en orden a cada uno de mis seres queridos por que a todos los amo con la misma intensidad. Me siento bendecido de la familia que dios me dio.

Ing. Noel Duarte Rivas

AGRADECIMIENTO

Agradezco la confianza que me dieron las autoridades del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), para iniciar y culminar mis estudios de maestría con el fin de mejorar el trabajo en la generación de nuevas tecnologías.

Oscar Gómez y Aurelio Llano por orientarme durante todo el proceso de investigación, sin su orientación hubiese sido más difícil el proceso de construcción del conocimiento generado en el presente estudio.

Mis compañeros de estudio y trabajo fueron importantes en este proceso de aprendizaje sus consejos y comentarios fueron útiles en mi formación profesional.

Al grupo de profesores de la universidad nacional agraria que mostraron su mayor esfuerzo por compartir sus conocimientos en beneficio de nuestra formación científica.

Al Dr. Carlos Henry responsable de la maestría de mejora genética vegetal y animal por haber mostrado interés por la calidad científica de los conocimientos impartidos durante el estudio.

Ing. Noel Duarte Rivas

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Objetivos espesificos.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1. Ubicación del área de estudio	5
3.2. <i>Características de los ambientes</i>	5
3.3. Factores en estudio	6¡Error! Marcador no definido.
3.3.1. <i>Sequía</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2. <i>Deficiencia de fósforo</i>	9
3.3.3. <i>Material genético</i>	10
3.4. <i>Establecimiento y manejo de los ensayos de campo</i>	11
3.5. Diseño de campo.....	12
3.6. Variables registradas.....	13
3.6.1. <i>A nivel de Ambiente:</i>	13
3.6.2. <i>Variables a nivel de parcela</i>	13
3.6.3. <i>Variables derivadas para medir el efecto de la sequía y baja disponibilidad de fósforo</i>	15
3.7. <i>Análisis de Datos</i>	17
3.7.1. <i>Análisis de Varianza</i>	17
3.7.2. <i>Análisis Gráfico del comportamiento de los genotipos:</i>	17
3.7.3. <i>Análisis de la interacción genotipo x ambiente:</i>	18
3.7.4. <i>Análisis de correlación</i>	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Análisis de varianza.....	20¡Error! Marcador no definido.
4.2. <i>Efecto de la sequía sobre el rendimiento de grano</i>	22
4.3. <i>Efecto de la sequía sobre variables fisiológicas y fenológicas relacionadas al rendimiento</i>	23
4.4. <i>Efecto de la fertilización sobre variable rendimiento</i>	26
4.5. <i>Efecto de la fertilización sobre variables fisiológicas y fenológicas relacionadas al rendimiento</i>	28
4.6. <i>Análisis de la interacción de los genotipos con el ambiente</i>	30

4.7. Correlaciones de las variables agronómicas y fisiológicas con el rendimiento de grano bajo condiciones con y sin fertilización y sequía	33
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
VII. LITERATURA CITADA	¡Error! Marcador no definido.
VIII. ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Temperatura histórica, metros sobre el nivel del mar, ubicación de los ambientes y precipitación registrada en las localidades de Santa Lucía , Juigalpa, Morrito, Nueva Guinea y El Rama año 2015-2016.	6
2	Genealogía y lugar de origen de los distintos genotipos evaluados en los ensayos de campo establecidos en Santa Lucía , Morrito , Juigalpa , Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016.	11
3	Efecto de sequía y fertilización sobre el rendimiento de grano de 19 genotipos de frijol tolerantes a sequía y déficit de fósforo evaluados en Santa Lucía, Morrito, Juigalpa, Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016.	20
4	Rendimiento promedio de los genotipos de frijol tolerantes a sequía y baja disponibilidad de fósforo a través de seis ambientes año 2015 -2016.	21
5	Índice de cosecha (%), índice de vaina (%), días a flor, peso de 100 semillas (g), vainas/planta, granos/vaina, media geométrica (MG) e índice de eficiencia relativa (IER) bajo condiciones de sin sequía (SS). con sequía(CS) año 2015-2016.	25
6	Índice de cosecha (%), Peso de 100 semillas (g), vainas/planta, granos/vaina, Media Geométrica (MG) e índice de eficiencia relativa (IER) bajo condiciones con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF) año 2015-2016.	29
7	Significancia estadística y coeficientes de correlación entre rendimiento de grano con otras características fisiológicas y componentes del rendimiento bajo condiciones con y sin fertilización y de sequía en seis ambientes año 2015-2016.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Precipitaciones requeridas versus las registradas en El Rama (Ram), Nueva Guinea (NG) y Santa Lucía en las etapas vegetativa (V) y reproductiva (R) del cultivo de frijol ciclo primera 2015 (SL), ciclo apante 2015-2016 (NG y Ram).	8
2	Precipitaciones requeridas versus las registradas en El Recreo (REC), Juigalpa (JUI) y Morrito (MO) en las etapas vegetativa (V) y reproductiva (R) del cultivo de frijol ciclo primera 2015 (JUI), ciclo postrera 2015 (MO) y ciclo apante 2015-2016 (REC).	9
3	Relación entre rendimiento de grano con y sin sequía de 19 genotipos de frijol en Santa Lucía, Morrito, Juigalpa, Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016. Las líneas punteadas representan el valor promedio general del rendimiento de grano bajo condiciones con y sin sequía.	23
4	Relación entre rendimiento de grano con y sin fertilización de 19 genotipos de frijol en Santa Lucía, Morrito, Juigalpa, Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016. Las líneas punteadas representan el valor promedio general del rendimiento de grano bajo condiciones sin y con fertilización	27
5	Contribución de los genotipos y ambientes a la interacción representada mediante los dos primeros componentes del modelo AMMI para rendimiento (kg ha^{-1}) de 19 genotipos de frijol rojo tolerantes a sequía y déficit de fósforo en seis ambientes año 2015-2016.	31
6	Primer componente principal y el rendimiento de grano de 19 genotipos de frijol rojo tolerantes a sequía y déficit de fósforo en seis ambientes año 2015-2016. La línea vertical punteada representa la media general del rendimiento y la línea horizontal punteada el valor cero del Componente Principal de la Interacción	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Santa Lucía época de primera 2015.	43
2	Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Nueva Guinea época de apante 2015-2016.	44
3	Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Juigalpa época de primera 2015.	45
4	Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de El Recreo época de apante 2015-2016.	46
5	Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de El Rama época de apante 2015-2016.	47
6	Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Morrito época de postrera 2015	48
7	Valor comercial de los genotipos establecidos en el ensayo de genotipos tolerantes a sequía y baja disponibilidad de fósforo según escala utilizada por Zamorano, época primera postrera y apante 2015-2016.	49
8	Análisis de suelo de los sitios donde se establecieron los ensayos de genotipos de frijol tolerantes a sequía y baja disponibilidad de fósforo 2015.	40
9	Plano de campo del ensayo evaluación de genotipos tolerantes a sequía y suelos con baja disponibilidad de fósforo 2015 2016	51
10	Base de datos del rendimiento de los genotipos evaluados en las diferentes localidades del ensayo evaluación de genotipos tolerantes a sequía y suelos con baja disponibilidad de fósforo 2015 2016	52-57

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se cultiva en 129 países que producen 20, 935,000 t anual de grano con un rendimiento promedio mundial de 730 kg ha⁻¹. El principal problema del frijol es la sequía, la deficiencia de fósforo y nitrógeno. El objetivo de la presente investigación fue identificar genotipos de frijol rojo de alta productividad para suelos con deficiencia de fósforo y agua. El trabajo se desarrolló en: Santa Lucía, Juigalpa, El Rama, El Recreo, Nueva Guinea y Morrito. Se utilizó un diseño de parcelas apareadas, evaluando 19 genotipos de frijol rojo. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento kg ha⁻¹, peso de 100 granos (g), numero vaina/planta, numero granos/vaina, días a floración, índice de cosecha (%), índice de vaina (%), índice de eficiencia relativa y media geométrica. Se utilizó análisis de varianza, análisis gráfico del comportamiento de los genotipos, análisis AMMI y análisis de correlación. Los resultados mostraron que los genotipos que presentan los mayores rendimientos de grano con y sin limitaciones de agua y disponibilidad de nutrientes son: BFS 81 y el BFS 140. Bajo sequía el incremento de rendimiento sobre INTA Rojo fue de 37% y 34% respectivamente. El Análisis AMMI mostro que hay genotipos con rendimientos estables pero bajos como: BFS 39, BFS 112, en cambio hay genotipos que presentaron buen rendimiento pero inestables como BFS 81 y BFS 140. Las variables peso de 100 granos, número de vainas/ planta y de granos/vaina mostraron una correlación alta y significativa con el rendimiento bajo sequía ($r^2=0.80$; $P \geq 0.0001$, $r^2=0.68$; $P \geq 0.0001$, $r^2=0.79$; $P \geq 0.0001$). En el presente estudio hay indicios de genotipos que pueden combinar la tolerancia a baja fertilidad y a sequía como BFS 140, BFS 81 esto puede estar asociado a que estos genotipos provienen de la crusa interespecíficas de *Phaseolus vulgaris* x *P. coccineus* que generan genotipos con mejor adaptación a condiciones adversas por su naturaleza genética.

Palabras claves: tolerancia, fotoasimilados, estabilidad.

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is cultivated in 129 countries that produce 20,935,000 tons annual of grain with a performance world average of 730 ha⁻¹. The main problem the bean is the drought, the difference in phosphorus and nitrogen. The objective of the present investigation it was identify high productivity red bean genotypes for soils with phosphorus deficiency and water. The work has been developed in: Santa Lucía, Juigalpa, El Rama, El Recreo, Nueva Guinea, and Morrito. It was use a design of paired parcels, evaluating 19 genotypes of red bean. The variables evaluated were: performance kg ha⁻¹, weight of 100 grain (g), number sheath/plant, number grain/sheath, days to flowering, harvest index (%), sheath index (%), index of relative efficiency and geometric mean. It was use, variance analysis, graphic analysis of behavior of genotypes, analysis AMMI and analysis of correlation. The results showed that the genotypes present the highest performance of grain with and without limits of water and availability of nutrients are: BFS81 and BFS 140. Under drought, the increase of performance about INTA rojo was of 37% and 34% respectively. The analysis AMMI showed there are genotypes with performance stable but low like: BFS 39 and BFS 112 instated there are genotypes that showed good performance but unstable like: BFS 81 and BFS 140. The variable weight high of 100g, number of sheath/plant and grain/sheath showed a correlation high and significant with the performance under drought ($r^2 = 0.80$, $P \geq 0.0001$, $r^2 = 0.68$, $P \geq 0.0001$, $r^2 = 0.79$, $P \geq 0.0001$). In the present study there are indications of genotypes that can be combined the tolerance to low fertility and drought like: BFS 140 and BFS 81, this could be associated to this genotypes come from of the cross interspecific of *Phaseolus vulgaris* x *P. coccineus* that generated genotypes with better adaptation to conditions adverse for genetic nature.

Key words: tolerance, photoassimilates, stability.

I. INTRODUCCIÓN

El conjunto de conocimientos recabados hasta hoy, basados en la edad de los restos fósiles y las características morfológicas, agronómicas y genéticas, establecen que el frijol común se originó en Mesoamérica, particularmente en el occidente y sur de México (desde Jalisco hasta Oaxaca), de ahí la especie migró a Sudamérica. El aislamiento geográfico dio lugar a dos acervos genéticos: el Andino y el Mesoamericano, posteriormente se domesticó entre los 5000 y 2000 años a c (Hernández *et al.*, 2013).

De acuerdo con la FAO, (2009), citado por RED SICTA (2010) el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) se cultiva en 129 países. En el 2008, la producción mundial fue de 20, 935,000 t, con un rendimiento promedio mundial de 730 kg ha⁻¹. Entre los países más productores se destacan en orden de importancia, expresados en porcentaje de la producción mundial, India 19%, Brasil 17%, Myanmar 12%, Estados Unidos 6% y México 6 %.

En Nicaragua, el frijol común es una especie leguminosa de gran importancia ya que la producción de este rubro contribuye con, aproximadamente, el 13% del Producto Interno Bruto agrícola (PIB), (MIFIC, 2008). El consumo de frijol es importante debido a que el grano contiene aproximadamente 22% de proteína y su valor biológico en cuanto al aporte de aminoácidos esenciales es alto ,comparable a la carne de pollo (Morales, 2010).

El 60% de la producción mundial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se obtiene en condiciones de déficit hídrico, por lo que este factor es, después de las enfermedades, el que más contribuye a la reducción del rendimiento (Reyes *et al.*, 2014). Cuando la ausencia total de agua ocurre en la etapa de formación y llenado de vaina se le conoce como sequía terminal. La sequía terminal es un problema anual de la producción de frijol común, en América Central y México (Rosas *et al.*, 2003). En el presente estudio se definió la condición de sequía como el déficit de agua de al menos el 50% de la demanda total del cultivo de frijol. Ésta se presentó en la etapa reproductiva del cultivo. En el 60% de los suelos tropicales aparte de la sequía, la deficiencia de fósforo es el problema que ocupa el segundo lugar, seguido de la deficiencia de nitrógeno (Ribert y Muñoz, 1996, citado por Voysest y Singh 1996)

Diferentes estudios (Camelle, 2013, Polania, 2011, Morales, 2010, Benítez, 2008; Lynch, 1995) han enfatizado la importancia de las características del sistema radicular en la búsqueda de genotipos resistentes a sequía y eficientes en la captura de fósforo. Los autores antes mencionados enfatizaron las diferencias encontradas entre genotipos de frijol en cuanto a longitud, volumen, diámetro, profundidad visual de las raíces, número de raíces adventicias, cantidad de materia seca de la parte aérea.

Existen dos tendencias para medir la tolerancia de los genotipos a la sequía una es midiendo la capacidad del sistema radicular de las plantas (longitud de raíz, estructura de la raíz, grosor y cantidad de pelos radicales) y la otra tendencia es midiendo la eficiencia que tienen los genotipos de traslocar los nutrientes de la planta al grano. En el presente estudio utilizamos esta última metodología.

En casi todas las zonas productoras de frijol la baja fertilidad de los suelos es un problema serio que puede reducir el rendimiento hasta un 42% (Camelle, 2013). En particular niveles de fósforo y de nitrógeno por debajo de 10 ppm o 0.20%, respectivamente pueden tener un impacto negativo en el rendimiento de grano (Andrades y Martínez, 2014).

Tanto la sequía como la poca disponibilidad de fósforo pueden ocurrir simultáneamente a los dos factores se les ha venido buscando solución de diferentes maneras. Para el caso de la sequía una de ellas ha sido el uso de riego siendo el área de frijol cultivada bajo esta modalidad de 2,460 ha⁻¹ (MAGFOR, 2011). Para el contrarrestar el efecto de la baja fertilidad de fósforo muchos agricultores emplean fertilizantes de distinta naturaleza. Sin embargo, ambas medidas son apropiadas para productores con disponibilidad de recursos económicos pero no para agricultores de recursos limitados que practican la agricultura bajo condiciones marginales. Para este grupo de agricultores dedicados al cultivo del frijol común, la alternativa más viable y menos costosa para ellos podría ser la disponibilidad de variedades de frijol tolerante o resistente a la sequía y más eficiente en el uso del fósforo disponible en el suelo. Esto podría reducir la dependencia del riego y de fertilizantes y con ello reducir los costos de producción y lograr rendimientos más estables y en mayores cantidades, contribuyendo así a la seguridad alimentaria de las familias campesinas del país.

Los problemas que ocasionan la sequía y la deficiencia de fósforo sobre el rendimiento del frijol, sugieren la necesidad de disponer de genotipos de frijol que combinen la resistencia a la sequía y a suelos con bajos niveles de fósforo, esto con el fin de generar alternativas tecnológicas para un gran número de pequeños productores de nuestro país que se ven afectados por uno o ambos factores. Por lo antes expuesto es que se decidió realizar la presente investigación de campo a fin de responder a la pregunta de investigación siguiente: ¿Cuál será el comportamiento productivo y el valor comercial de 19 genotipos de frijol evaluados bajo condiciones marginales de producción? ¿Cuál será el rendimiento de grano de los distintos genotipos evaluados en diferentes condiciones ambientales? ¿Cuál será la relación que existe entre el rendimiento de grano y algunas variables agromorfológicas?

II. OBJETIVOS

2.1. *Objetivo General*

Identificar genotipos de frijol común de grano rojo de alto rendimiento que se adapten a suelos deficientes en fósforo y sequía.

2.2. *Objetivos específicos*

Determinar el rendimiento de grano de los 19 genotipos de frijol común estudiados durante el ciclo 2015-2016, bajo condiciones de campo con y sin limitaciones tanto en la disponibilidad de agua como en la disponibilidad de fósforo.

Estimar la interacción genotipo-ambiente para rendimiento de grano de 19 genotipos de frijol evaluados en distintos ambientes con y sin limitaciones de agua y fósforo en el suelo durante el ciclo 2015-2016.

Comprobar la asociación existente entre el rendimiento de grano y algunas variables morfo-agronómicas registradas en 19 genotipos de frijol evaluados en distintos ambientes con y sin limitaciones de agua y fósforo del suelo durante el ciclo 2015-2016.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

Los ensayos de campo se establecieron en el 2015 en distintos ciclos agrícolas y ambientes. En total se establecieron seis ensayos de campo: dos se establecieron en el ciclo agrícola de primera en Santa Lucía y Juigalpa de los departamentos de Boaco y Chontales, respectivamente. Un tercer ensayo se sembró en el ciclo agrícola de postrera, en Morrito, departamento de Río San Juan. Finalmente, en el ciclo agrícola de apante se establecieron tres ensayos más, de éstos: dos se establecieron en El Rama (uno en el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en El Recreo y el otro en la finca de un agricultor) y el tercero en el CDT de Nueva Guinea.

3.2. Características de los ambientes

En el cuadro siguiente se brinda información de los sitios donde se establecieron los ensayos de campo. Para el caso de la temperatura se calculó el valor promedio de los datos históricos (2009) de los meses en que se cultiva el frijol y, además, los datos registrados durante el ciclo del cultivo. Para el caso de las precipitaciones, la información presentada corresponde a los datos de precipitación anual del 2015 y a los presentados durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 1. Temperatura histórica, metros sobre el nivel del mar, ubicación de los ambientes y precipitación registrada en las localidades de Santa Lucía , Juigalpa, Morrito, Nueva Guinea y El Rama año 2015-2016.

Ambientes	Temperatura		Precipitación		Altura	Coordenadas	
	promedio (°C)		(mm)		(msnm)		
	Histó rica	Ciclo del cultivo	Anual (2015)	Ciclo del cultivo		Latitud Norte	Latitud Oeste
1)Santa Lucía	ND	ND	1,254	85	530	ND	ND
2)Juigalpa Chontales	26.4	29.2	1,154	188	116	12° 06'	85° 22'
3)Morrito	26.2	28.8	1612	445	45	11° 37'	84° 04'
4)Nueva Guinea	ND	27.1	2,245	136	212	11° 41'	84° 27'
5)El Rama	24.3	27.2	3,370	169	32	11°43'	83° 58
6) El Rama (El Recreo)	24.3	27.7	3,370	130	14	ND	ND

Fuente: INETER, ENACAL INIFON y las alcaldías de Juigalpa, Morrito y El Rama

ND: información no disponible

Los datos meteorológicos presentados en el cuadro 1 son tomados de cuatro fuentes. La principal es la tomada de INETER 2009 en el estudio hidrogeológico e isotópico del lago de Nicaragua y la caracterización climatológica de la región autónoma del caribe sur (RAAS). Seguido de las caracterizaciones municipales que hicieron el INIFON 2017 y ENACAL 2017, más los datos presentados por las alcaldías municipales en su plan ambiental municipal.

3.3. Factores en estudio

3.3.1. Sequía

En este estudio, el interés fue evaluar el comportamiento de varios genotipos bajo dos condiciones limitantes: déficit hídrico (de aquí en adelante sequía) y baja fertilidad con énfasis en baja disponibilidad de fósforo. La definición operativa de sequía se tomó en base a lo expuesto por CATIE (2001), el cual considera como sequía cuando el déficit de agua es de al menos el 50% de la demanda total del cultivo de frijol. Para el caso del cultivo en mención y tomando como referencia la información brindada por (Tapia y

Camacho 1988) Consideramos como la demanda total optima la cantidad de 300 mm agua bien distribuida durante el ciclo del cultivo.

Dado que los ensayos se establecieron bajo condiciones de campo no se manipulo los ambientes para sequía, ésta ocurrió de forma natural. Los lugares donde se evaluó la tolerancia de los genotipos a la sequía se seleccionaron en base a dos criterios: 1) Información previa disponible y la experiencia obtenida de ensayos anteriores 2) datos registrados en los distintos ambientes durante la realización de los ensayos. La combinación de los criterios antes mencionados, permitió identificar tres ambientes donde se presentó la sequía principalmente en la etapa reproductiva del cultivo. Estos ambientes fueron: Santa Lucía, El Rama y Nueva Guinea, cabe mencionar que Nueva Guinea y El Rama son Ambientes que históricamente no presentan sequía sin embargo en los últimos años se presentan periodos secos durante el cultivo de hasta 20 días.

En la figura siguiente se puede apreciar las precipitaciones requeridas de acuerdo a lo propuesto por CATIE (2001), versus las registradas durante ciclo del cultivo de frijol en sus distintas etapas fenológicas en los ambientes antes mencionados:

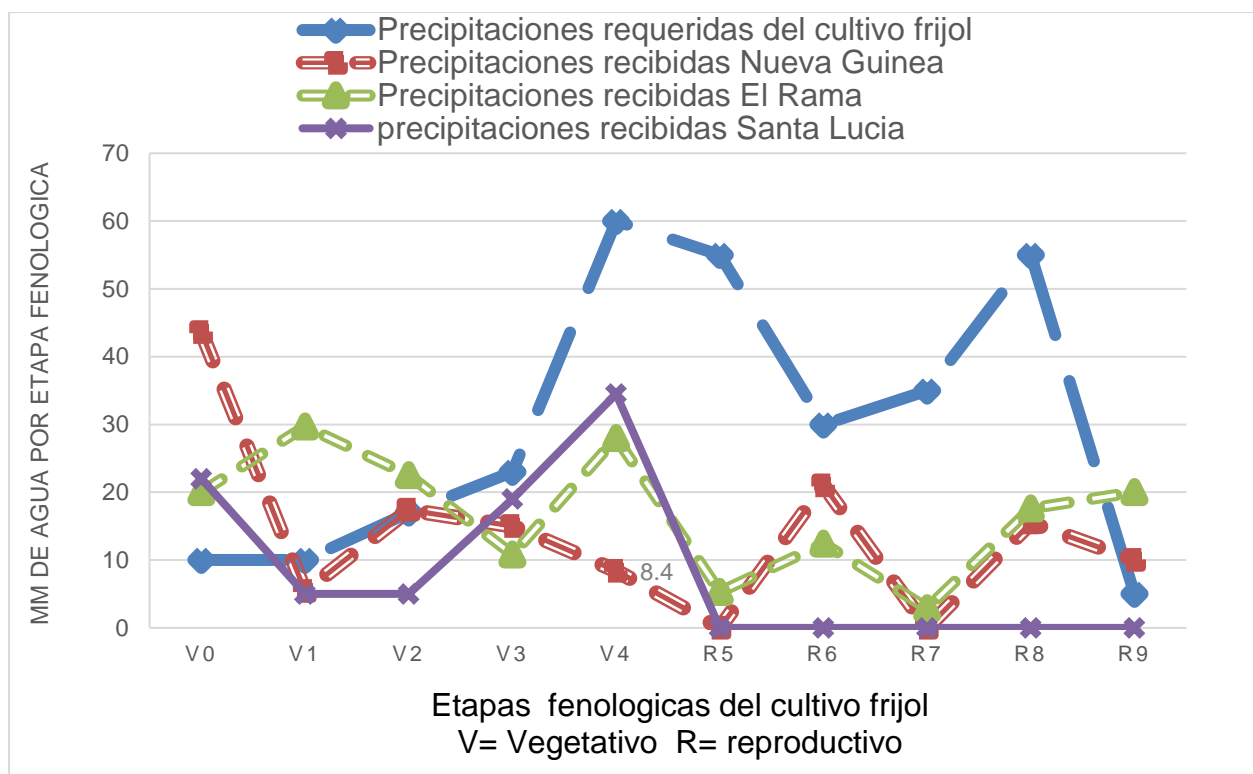


Figura 1. Precipitaciones requeridas versus las registradas en El Rama (Ram), Nueva Guinea (NG) y Santa Lucía en las etapas vegetativa (V) y reproductiva (R) del cultivo de frijol ciclo primera 2015 (SL), ciclo apante 2015-2016 (NG y Ram).

En la figura 1 se aprecia que en los tres ambientes seleccionados ocurrió una sequía terminal es decir hubo un déficit de agua después de la floración del cultivo, incluyendo durante el desarrollo de vainas y el llenado de granos.

Por otro lado, y para fines comparativos, los mismos genotipos de frijol se evaluaron en ambientes donde no hubo déficit de agua (figura 2). Estos se seleccionaron aplicando uno o los dos criterios mencionados previamente. De esta manera se identificaron los ambientes de El Recreo, Juigalpa Chontales y Morrito. Las precipitaciones requeridas de acuerdo a lo propuesto por CATIE (2001), versus las registradas en los ambientes antes mencionados se presentan en la figura 2.

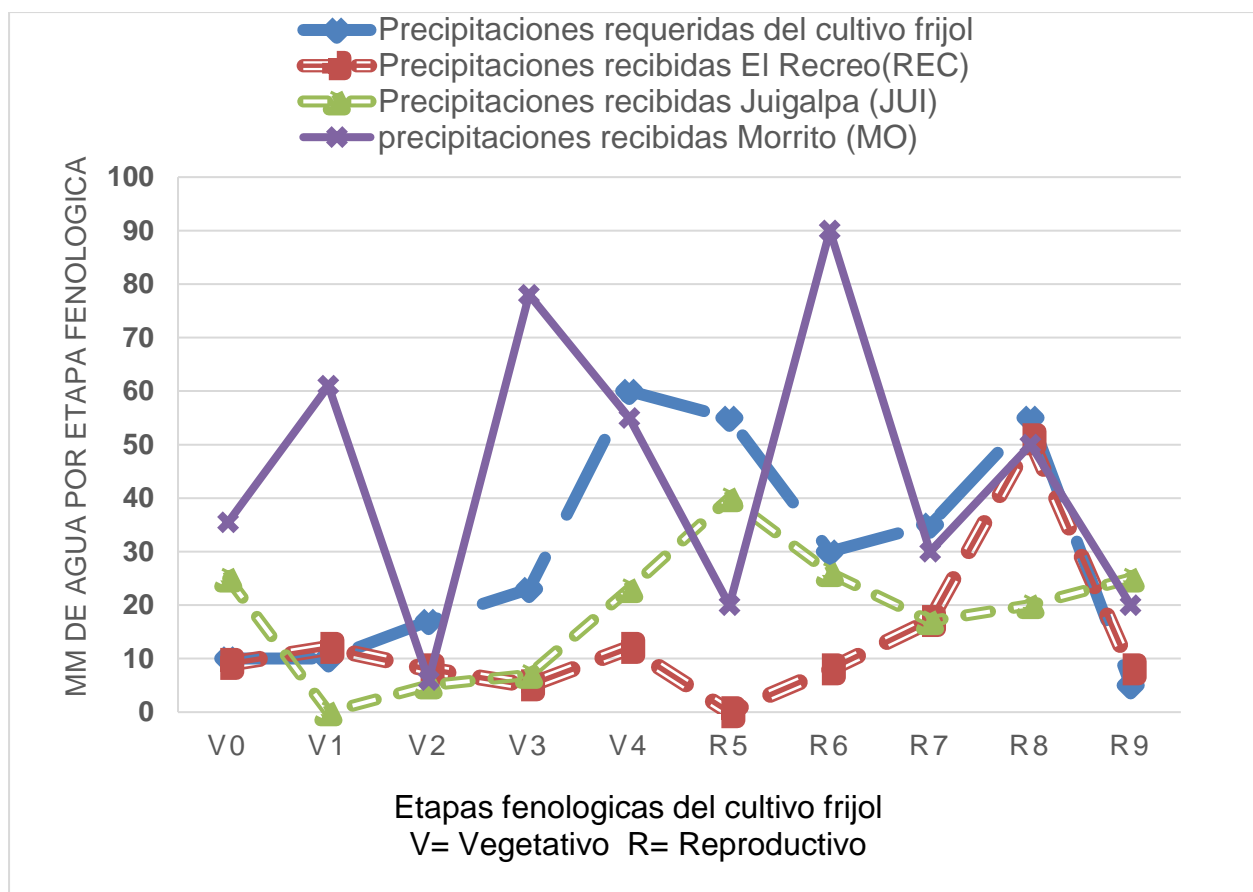


Figura 2. Precipitaciones requeridas versus las registradas en El Recreo (REC), Juigalpa Chontales (JUI) y Morrito (MO) en las etapas vegetativa (V) y reproductiva (R) del cultivo de frijol ciclo primera 2015 (JUI), ciclo postrera 2015 (MO) y ciclo apante 2015-2016 (REC).

3.3.2. Deficiencia de fósforo

Esta investigación también se centró en estudiar la deficiencia de fósforo en el suelo sobre el comportamiento agronómico, medido por medio de varias variables, de los 19 genotipos de frijol común. La deficiencia de fósforo se definió en términos de la cantidad de fósforo disponible en el suelo. Si ésta era menor o igual a 10 ppm se consideró el ambiente como deficiente. El método de medición utilizado por el laboratorio LABSA-UNA fue Olsen.

Según Andrades y Martínez, (2014) un suelo arcilloso con menos de 15 ppm (método Olsen) se considera con baja disponibilidad de fósforo. Otros autores señalan que un suelo con una disponibilidad de fósforo menor a 10ppm se considera como deficiente en este nutriente (García, 2012). En Brasil el nivel crítico de fósforo en el suelo para la producción de frijol es de 8 ppm, en tanto en el CIAT Colombia el nivel crítico fluctuó entre 10 a 15 ppm utilizando el método de extracción Olsen, Bray I y II (CIAT, 1980). En Nicaragua se considera un suelo deficiente en fósforo cuando presenta niveles menores a 10 ppm (Quintana *et al.*, 1983 citado por Orozco y Cerda 2013).

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2009) reporta respuesta en el rendimiento de frijol cuando se aplican entre 30 a 60 kg ha⁻¹ de fósforo en suelos con niveles menores a 10 ppm de este nutriente.

En este estudio, todos los ambientes donde se establecieron los ensayos de campo, que fueron seis independientemente si hubo o no un déficit hídrico (sequía), se consideraron como deficientes con excepción de “El Recreo” en cuyos suelos se encontró 18,7 partes por millón (ppm) de fósforo disponible. Para fines de este estudio, esto se consideró como suelos de mediana disponibilidad. El método utilizado para la extracción del fósforo fue el de Olsen (Anexo 8). Para fines comparativos, los 19 genotipos de frijol común también se evaluaron bajo condiciones adecuadas de fósforo lo que se aseguró mediante la aplicación de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅, esto se hizo en base a los resultados presentados por el INTA en los que en suelos con valores menores a las 10 ppm de fósforo cuando se aplica entre 30 y 60 kg ha⁻¹ de este nutriente el frijol incrementa su rendimiento significativamente.

3.3.3. Material genético

El material genético en estudio estuvo conformado por 19 genotipos de frijol común, de éstos 11 son mejorados introducidos del Centro internacional de agricultura tropical (CIAT). Los genotipos introducidos fueron seleccionados por su tolerancia a sequía y baja fertilidad (Beebe, 2016). El resto de materiales genéticos está conformado por tres variedades mejoradas comerciales cultivadas en el país y cinco variedades locales utilizadas por agricultores de recursos limitados. Estas últimas variedades han mostrado buena adaptabilidad en ambientes con estrés de sequía y suelos de baja fertilidad. Los

genotipos mejorados introducidos de CIAT provienen de la cruce de líneas promisorias entre *Phaseolus vulgaris* L. x *Phaseolus coccineus*, estas presentan un buen sistema radical y tolerancia a mosaico dorado (CATIE, 2014). Información más detallada de cada uno de los genotipos estudiados se brinda en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Genealogía y lugar de origen de los distintos genotipos evaluados en los ensayos de campo establecidos en Santa Lucía , Morrito , Juigalpa , Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016.

Genotipo	Identificación	Origen
BFS 10	(SER 76xRCB 589)F1 X (SXB 407xSER 119)F1/-MC-4P-MQ-2D-MC	CIAT
BFS 140	BFS 32xALB 91/-MC-26Q-MQ-MQ-MQ	CIAT
BFS 141	BFS 39xALB 213/-MC-4Q-MQ-MQ-MQ	CIAT
BFS 143	BFS 39xALB 213/-MC-12Q-MQ-MQ-MQ	CIAT
BFS 103	(RCB 593xSEN 56)F1 X (BFS 32xALB 91)F1/-MQ-10Q-MQ-MQ	CIAT
BFS 81	(SER 16xRCB 593)F1 X (BFS 32xALB 91)F1/-MQ-3Q-MQ-MQ	CIAT
BFS 84	(SER 16xRCB 593)F1 X (BFS 32xALB 91)F1/-MQ-12Q-MQ-MQ	CIAT
BFS 85	(SER 16xRCB 593)F1 X (BFS 32xALB 91)F1/-MQ-13Q-MQ-MQ	CIAT
BFS 112	(RCB 593xSEN 56)F1 X (BFS 32xALB 91)F1/-MQ-3Q-MQ-MQ	CIAT
BFS 39	(SER 155xRCB 591)F1 X (SER 118xSXB 409)F1/-MC-2P-MQ-5D-MC	CIAT
BFS 67	(RCB 593xSEN 56)F1 X (BFS 32xALB 91)F1/- MC-2P-MQ-5D-MC	CIAT
INTA Rojo	EAP 9510-77 (MD30-75/DICTA 105)	INTA
INTA Centro Sur	IBC 302-29 (SB114/DOR605/F1/SB123/-MC-5P-MQ Amadeus 77/Paraisito)	INTA
INTA Fuerte sequia	SX 14825-7-1 (S/B112/PRF9653-16B-1 F1/S/B123/-MC-6P-MQ)	INTA
Cuarenteño	Variedad local	Juigalpa
Polon 1	Variedad local	El Rama
Polon 2	Variedad local	El Rama
Recreo1	Variedad local	El Rama
Recreo 2	Variedad local	El Rama

BFS: baja fertilidad y sequía, SER: Genotipos de frijol tolerantes a sequia por capacidad de traslocación de carbono de las hojas y tallos al grano y RCB: Genotipos de frijol tolerantes a sequia por presentar raíces profundas, (Polania et al., 2016) CIAT: Centro internacional de agricultura tropical, INTA: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.

3.4. Establecimiento y manejo de los ensayos de campo

Previo al establecimiento de los ensayos en cada ambiente se realizó un análisis de suelo determinandose el pH, los porcentajes de materia organica y de nitrógeno, el contenido de fósforo disponible (ppm) y la textura (anexo 8). En la preparación del suelo se aplicó labranza minima, ésta consistio en la eliminación de las malezas con machete seguido de la eliminación de la broza. Ocho dias antes de la siembra se aplico el herbicida no selectivo Glifosato (N-fosfonometil - glicina) conocido como Glifonex 35.6 SL a razón de 120 cc por bomba de 20 litros. Con relacion a la siembra, ésta se realizó al espeque

depositando dos semillas por golpe. Las distancias de siembra fueron de 0.2 m entre golpe y golpe y 0.5 m entre surco.

Durante el desarrollo del cultivo las malezas de la familia de las gramíneas se controlaron con el herbicida selectivo (Butil(R)-2-[4-((5-(trifluoro-metil)-2-piridinil)oxi) fenoxi] propanoato) conocido como fusilade, en dosis de 50 cc/ bomba de 20 litros, mientras que para el control de malezas de hoja ancha se utilizó (5-[2-cloro-4-(trifluorometil)-fenoxi]-N-metilsulfonil-2-nitrobenzamida) conocido como fomesafen en dosis de 30 cc/ bomba de 20 litros. En lo que respecta el manejo de plagas y enfermedades de follaje se realizaron muestreos continuos y cuando los niveles de daños de las plagas fueron altas se procedió aplicar Tiametoxam + Lambda Cyhalotrina conocido como Engeo en dosis de 10 cc / bomba de 20 litros y para enfermedades se aplicó Azoxystrobina conocida como amistar en dosis de 10 g / bomba de 20 litros.

3.5. *Diseño de campo*

En campo por cada genotipo y en cada ambiente (seis en total) se sembraron dos parcelas, una a la par de otra (parcelas apareadas) y de las mismas dimensiones. Ambas parcelas se sometieron al mismo manejo agronómico con excepción de la fertilización ya que dicho insumo se aplicó solo a una de ellas. La parcela que recibió fertilización se le aplicó al momento de la siembra el equivalente a 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando el fertilizante 18-46-0 esto en base a los resultados presentados por el (INTA 2009) los cuales las variedades mejoradas de frijol responden a partir de la aplicación de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Cada parcela constituyó la unidad experimental. Ésta estuvo conformada por cuatro surcos de cinco metros de largo y separados a 0.5 m para un área de 10 m² (2 x 5 m). La parcela útil consistió en los dos surcos centrales y cuya área fue de 5 m² (1 x 5 m). El área total de cada experimento por ambiente fue de 476 m² (28 x 17m). En cada ambiente, por cada genotipo se estableció una sola réplica de las parcelas apareadas (una con y otra sin fertilización). Los ensayos de campo se establecieron en las tres épocas de siembra.

3.6. Variables registradas.

3.6.1. A nivel de Ambiente:

Se registraron tres variables: temperatura promedio del aire (en cuatro ambiente), precipitaciones y composición química del suelo (pH, porcentaje de materia orgánica, de nitrógeno y disponibilidad de fósforo). La primera variable se midió diariamente con un termómetro digital. La segunda cuando esta ocurrió y para su medición se utilizó un pluviómetro de plástico de 100 mm de capacidad. En el caso de la composición química del suelo esta se determinó en una muestra de suelo tomada en cada sitio donde se establecieron los ensayos, por cada sitio se tomaron cinco sub-muestras las que posteriormente se mezclaron. De esta muestra compuesta se tomó una muestra representativa de dos kilos la que se envió al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria. La profundidad de muestreo fue a los 20 centímetros. La temperatura media histórica del aire por mes se tomó de los datos reportados (INETER, 2009) en los ambientes de El Rama, Morrito y Juigalpa. Cabe mencionar que la temperatura media histórica del aire por mes de Santa Lucía y Nueva Guinea no está disponible.

3.6.2. Variables a nivel de parcela

Días a floración: Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra en el suelo húmedo hasta la apertura del primer botón floral en cualquiera de las plantas de la parcela útil. (Muñoz *et al*; 1993)

Días a madurez fisiológica: Se contó el número de días transcurridos desde la siembra de la semilla en el suelo húmedo hasta el momento en que se observan un cambio de color en las vainas de cualquier planta de la parcela útil.

Valor comercial: Se utilizó la escala de color de grano del 1 a 9 desarrollada para evaluar variedades de grano rojo pequeño (raza Mesoamericana). Según esta escala 1=muy buena aceptación, y 9= pobre aceptación (Melgar, 2004). En términos prácticos el valor

1 son valores que se le da a variedades con colores de grano igual a la variedad criolla rojo nacional, 3 se da a variedades con buen color de grano pero un poco más oscuro que el rojo nacional, 5 se da a variedades que tienen el color igual a INTA Rojo, 7 valor que se da a variedades de color más oscuro que INTA Rojo 9 a variedades de color rojo oscuro.

Rendimiento de grano (kg ha^{-1}): Éste se obtuvo de la parcela útil (5 m^2) para lo cual se cosecharon todas las plantas y una vez separado el grano del resto de residuos vegetales se procedió a medir su contenido de humedad utilizando un determinador de humedad portátil marca COFFEE moisture tester y en el mismo momento se calculó su peso. Para esto último se utilizó una balanza digital de precisión (0.05 g). Finalmente el rendimiento de grano de cada genotipo se ajustó a un 14% de contenido de humedad y se realizó una traspolación del rendimiento a kg ha^{-1} . El ajuste del rendimiento de grano por humedad se realizó mediante la igualdad propuesta por Aguirre y Peske (1988) que se describe a continuación:

$$P_I(100 - H_I) = P_F(100 - H_F) .$$

En donde:

P_I = Peso Inicial del grano

H_I = Contenido inicial de humedad del grano

P_F = Peso final del grano

H_F = Contenido final de Humedad del grano (14%)

Peso de 100 granos (g): Por cada genotipo se tomaron cinco repeticiones de 100 granos cada una. Después se registró el peso de cada repetición y finalmente se calculó el promedio por genotipo. El peso de 100 semillas también se ajustó al 14% de contenido de humedad del grano mediante la igualdad descrita previamente.

A nivel de planta:

Número de Vainas por Plantas: Esta variable se registró en una muestra de 10 plantas de la parcela útil tomadas al azar. Por cada planta se contó el número total vainas. Posteriormente se sumó el total de vainas provenientes de las 10 plantas y se calculó el valor promedio.

Número de Granos Por Vaina: El conteo se hizo en diez vainas tomadas al azar de cada genotipo. Por cada vaina se contó el número de granos bien formados. Al final se sumó el número de granos por cada vaina y se dividió entre 10 para así obtener el valor promedio del número de granos por vaina.

3.6.3. Variables derivadas del rendimiento para medir el efecto de la sequía y baja disponibilidad de fósforo

La falta de criterios prácticos auxiliares para la evaluación y selección de líneas resistentes a factores abióticos (sequía y deficiencia de fósforo) en frijol y en otras especies, ha obligado a recurrir al uso de índices de selección que involucran varias características de la planta (*Rosales et al.*, 2000). Entre los índices principales se encuentran los siguientes:

Índice de cosecha (%): Es un índice para estimar directamente cuánto del vigor de la planta a mediados del llenado de grano en términos de biomasa fue movilizado a la formación de grano, se expresa en porcentajes (%). (Polaina, 2011). El índice de cosecha (IC) se determinó para cada genotipo de la manera siguiente:

$$IC = \frac{\text{Peso seco de semillas a la cosecha}}{\text{Peso seco de biomasa a mediados del llenado de vainas}} \times 100$$

Los datos de peso seco de las variables utilizadas directamente en el cálculo del IC se obtuvieron en una muestra de dos plantas en dos momentos distintos: el de semillas se registró a la cosecha y el de biomasa (hojas + tallos + vainas) a mediados del llenado de vainas. El peso seco de ambas variables se determinó en un horno de aire forzado a temperatura de 70°C por tres días

Índice de cosecha de vaina (%): Con este índice se explica cuánto del total de la vaina en términos de biomasa fue movilizado a la formación de semilla, se expresa en porcentaje (%). El ICV para cada genotipo se determinó así (Polaina 2011):

$$ICV = \frac{\text{Peso seco de semillas}}{\text{Peso seco de vainas}} \times 100$$

Los datos de peso seco para las dos variables utilizadas en la determinación del ICV se obtuvieron a la cosecha. Para esto se tomaron todas las vainas y los granos de dos plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil. Para el cálculo del peso seco de las semillas y de las vainas se utilizó un horno de aire forzado a temperatura de 70°C por tres días.

Índice de eficiencia relativa (IER): El IER descrito por Graham (1984) se utiliza para medir la eficiencia de cada genotipo bajo estrés de sequía o baja fertilidad. Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$IER = \left(\frac{Y_{i_i}}{\bar{Y}_i} \right) \left(\frac{Y_{c_i}}{\bar{Y}_c} \right)$$

En donde:

Y_{i_i} = rendimiento del genotipo i sin aplicación de fertilizante o sequía; \bar{Y}_i = rendimiento promedio del ensayo sin fertilizante o sequía; Y_{c_i} = rendimiento del genotipo i con fertilizante; o sin sequía y \bar{Y}_c = rendimiento promedio del ensayo con fertilizante o sin sequía.

Media Geométrica (MG): Se utilizó para medir la eficiencia de los genotipos bajo estrés de sequía y baja fertilidad. La media geométrica determina el rendimiento promedio de cada genotipo bajo estas condiciones. La media geométrica se calculó con la expresión propuesta por (Acosta *et al.*, 2007) de la forma siguiente:

$$MG = (rs_i \times rr_i)^{\frac{1}{2}}$$

En donde:

rs_i = Rendimiento promedio en sequía o baja fertilidad del i-ésimo genotipo

rr_i = Rendimiento promedio sin sequía o alta fertilidad del i-ésimo genotipo.

3.7. Análisis de datos

Aparte del análisis exploratorio de los datos se llevaron a cabo los siguientes análisis:

3.7.1. Análisis de Varianza

El análisis de varianza se realizó para determinar las interacciones de los genotipos con la sequía y la deficiencia de fósforo. En este análisis, los ambientes (seis) se tomaron como repeticiones, los genotipos como (factor A), la sequía como (factor B) y la fertilización como (factor C). Se utilizó el programa estadístico InfoStat (2015).

Se utilizó el Diseño estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \rho_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Es la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

μ = Es la media poblacional

α_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento del factor A

β_j = Es el efecto del j-ésimo tratamiento del factor B

γ_k = Es el efecto del k-ésimo tratamiento del factor C

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es la interacción entre el factor A y factor B

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Es la interacción entre el factor A y factor C

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Es la interacción entre el factor B y factor C

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Es la interacción entre el factor A, factor B y factor C.

ρ_l = Es el efecto del k-ésimo bloque o repetición

ε_{ijkl} = Efecto aleatorio de variación

3.7.2. Análisis Gráfico del comportamiento de los genotipos:

Se realizaron dos gráficas de dispersión: la primera para analizar visualmente el rendimiento de grano de los genotipos sometidos a condiciones con y sin sequía. En este primer caso los datos se resumieron a través de ambientes y a través de los dos niveles de fósforo. La segunda gráfica es similar a la primera pero se presentan los valores promedios de rendimiento de grano de los genotipos cultivados con y sin aplicación de fertilizantes. Al igual que el caso anterior los datos se resumieron a través de ambientes

pero ahora a través de los dos niveles de sequía. Las gráficas se realizaron con el programa estadístico JMP versión 11.0 (SAS 2013).

3.7.3. *Análisis de la interacción genotipo por ambiente:*

Para estudiar la interacción genotipo - ambiente en base a rendimiento de grano, se realizó el análisis de Efectos Principales Aditivos e Interacciones multiplicativas (AMMI) empleando el programa GEA-R versión 2 (CIMMYT, 2015). Previo al análisis AMMI, los datos de campo se analizaron con el programa META-R versión 5, tal y como si provinieran de un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones (por cada ambiente los genotipos se evaluaron en parcelas con y sin fertilización). Dichas parcelas se consideraron repeticiones dentro de cada ambiente, tanto con sequía y sin sequía. Producto de este análisis en META-R versión 5 se obtuvo la información estadística siguiente: medias ajustadas de los genotipos por ambiente, el cuadrado medio del error y los grados de libertad de la interacción genotipo-ambiente. La información anterior se utilizó en el programa GEA-R versión 2 y se procedió a realizar el análisis AMMI (CIMMYT, 2015).

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente.

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum N \lambda_n Y_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

En donde:

Y_{ge} = rendimiento promedio de un genotipo g en un ambiente e

μ = Media general

α_g = efecto de las desviaciones de las medias de los genotipos

β_e = efecto de las desviaciones de las medias del ambiente

N = número de Pca retenidos en el modelo

λ_n = es el valor singular para el Pca

Y_{gn} = Valores de vectores de los genotipos (Pca)

δ_{en} = Valores de los vectores para cada ambiente (Pca)

ρ_{ge} = residual

3.7.4. Análisis de correlación

Se determinó la asociación del rendimiento de grano, bajo condiciones de sequía y deficiencia de fósforo, con cada una de las variables siguientes: peso de 100 semillas, número de vainas por planta, número de granos por vaina, días a flor, días a madurez, índice de cosecha e índice de cosecha de vaina

El coeficiente de correlación está definido por: $r = \Sigma xy / \sqrt{(\Sigma x^2) (\Sigma y^2)}$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento agronómico de los genotipos bajo distintas condiciones de sequía y deficiencia de fósforo

4.1. Analisis de varianza

Los análisis estadísticos muestran que únicamente hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) sobre el rendimiento de grano de los factores principales (sequía y fertilización) pero no así para genotipos y sus interacciones por tal razón en el cuadro 3 se muestra la separación de medias para estos dos factores.

Cuadro 3. Efecto de sequía y fertilización sobre el rendimiento de grano de 19 genotipos de frijol tolerantes a sequía y déficit de fósforo evaluados en Santa Lucía, Morrito, Juigalpa, Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016.

tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹	tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹
Sin sequía	989 a	con fertilizante	1024 a
Con sequía	796 b	sin fertilizante	761 b

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de confianza, se obtuvo que los valores promedios de los genotipos cuando estos no fueron afectados por la sequía (989 kg ha⁻¹) o fueron fertilizados (1024 kg ha⁻¹), éstos fueron marcadamente superiores en comparación con los valores promedios obtenidos bajo condiciones de sequía (796 kg ha⁻¹) o sin la aplicación de fertilizantes (761 kg ha⁻¹). Al comparar los valores promedios del rendimiento con y sin sequía y con y sin fertilización se aprecia más afectación por fertilización en el rendimiento que por sequía la reducción se dio en 24% por sequía y 34%, por fertilización. La reducción del rendimiento de grano en un 24 % bajo las condiciones de sequía definidas en este estudio indica que ésta fue moderada por lo que no es posible llegar a conclusiones definitivas sobre la resistencia a la sequía de los materiales en estudio. Esta información, sin embargo puede ser útil para predecir el rendimiento potencial de los genotipos bajo condiciones con suficiente disponibilidad

de agua. En el caso de la fertilización la reducción fue de 34% lo que indica que estos genotipos podrían mejorar su rendimiento con fertilización aun en presencia de déficit de agua. Con respecto al comportamiento productivo de cada genotipo no se detectaron diferencias significativas entre sus valores promedios a través de ambientes. Esto se debe a que los genotipos fueron evaluados en ambientes muy contrastantes de manera que sus rendimientos no fueron estables lo que ocasionó un alto coeficiente de variación en el análisis de varianza. No obstante algunos genotipos tendieron a mostrar rendimientos superiores a una de las variedades comerciales o locales utilizadas en el estudio. En particular los genotipos BFS 81 (1151 kg ha⁻¹) y BFS 140 (1107 kg ha⁻¹), superaron en rendimiento de grano a la variedad INTA Rojo en un 24 y 20%, respectivamente y a la variedad local Polon 1 en un 37% y 31%, respectivamente (cuadro 4).

Cuadro 4 Rendimiento promedio de los genotipos de frijol tolerantes a sequía y baja disponibilidad de fósforo a través de seis ambientes año 2015 - 2016.

Tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹
BFS 81	1151 ^a
BFS 140	1107 ^a
INTA F. Sequía	1101 ^a
BFS 67	1059 ^a
BFS 85	1035 ^a
BFS 103	1011 ^a
INTA Rojo	922 ^a
Recreo 2	920 ^a
BFS 112	907 ^a
Cuarenteño	889 ^a
INTA Centro Sur	884 ^a
BFS 84	879 ^a
Polon 2	841 ^a
Polon 1	839 ^a
BFS 10	817 ^a
BFS 39	795 ^a
BFS 141	724 ^a
BFS 143	588 ^a
Recreo 1	490 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.2. Efecto de la sequía sobre el rendimiento de grano

En la figura 3 se observa la asociación entre el rendimiento de grano con y sin sequía de los genotipos de frijol estudiados. Entre ellos resalta el comportamiento de aquellos ubicados en el cuadrante superior derecho que mostraron valores promedios superiores a la media general tanto en ambientes con sequía como sin sequía. En particular resaltan los genotipos BFS 81 y BFS 140. Estos dos genotipos, además, presentaron la mayor media geométrica e índice de eficiencia relativa (ver Cuadro 5). En la misma figura podemos apreciar también que algunos genotipos mostraron una adaptación más específica, por ejemplo Polon 2, esta variedad local, mostro un rendimiento de grano superior a la media general bajo condiciones de sequía pero no bajo condiciones sin sequía. Recordemos que las variedades criollas están formadas por multilíneas lo que les permite adaptaciones específicas a determinados ambientes sean estos marginales o favorables para la producción. Lo anterior concuerda con muchos autores que las variedades locales tienen adaptación específica y que su ciclo corto lo utilizan como mecanismo de escape a sequía. (*Rosales et al.*, 1999 y Rodríguez, 2009). En el caso de las variedades mejoradas de Nicaragua como INTA Fuerte sequía e INTA Centro sur presentaron rendimientos superior al promedio de los genotipos evaluados con y sin sequía. Sin embargo la variedad mejorada INTA Rojo en este estudio presento rendimientos inferiores al promedio de los genotipos evaluados con y sin sequía.

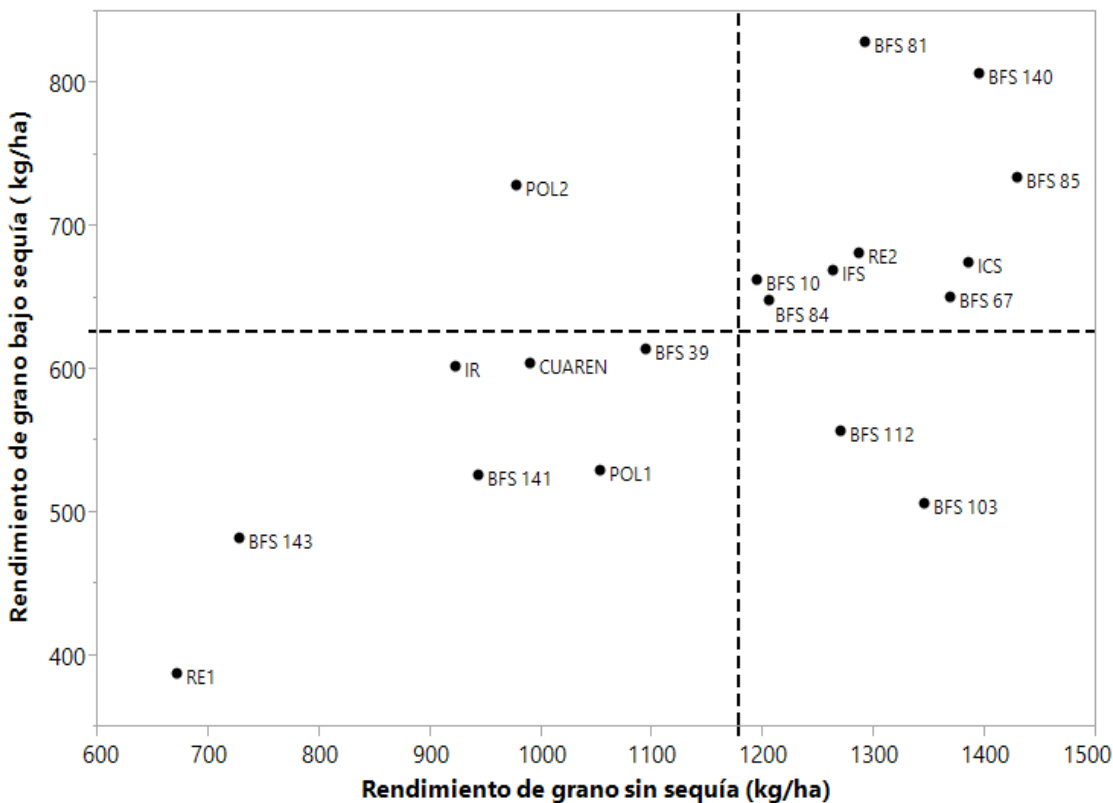


Figura 3. Relación entre rendimiento de grano con y sin sequía de 19 genotipos de frijol en Santa Lucía, Morrito, Juigalpa, Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016. Las líneas punteadas representan el valor promedio general del rendimiento de grano bajo condiciones con y sin sequía.

4.3 Efecto de la sequía sobre variables fisiológicas y fenológicas relacionadas al rendimiento

Los genotipos con mayores medias geométricas e índice de eficiencia relativa (cuadro 5) caen en el cuadrante superior derecho del rendimiento de grano (figura 3). Lo anterior sugiere la utilidad de la media geométrica y el índice de eficiencia relativa para ser utilizados como criterios de selección de genotipos evaluados bajo condiciones de sequía.

La variedad local Recreo 2 mostro rendimientos superiores a la media general y a varios de los genotipos introducidos o a algunas de las variedades comerciales (cuadro 5).

La variedad comercial INTA Rojo no superó la media general. Probablemente las condiciones climáticas presentadas en el año 2015 (temperatura) influyo negativamente más a INTA Rojo que al resto de genotipos (cuadro 1). Diferentes estudios (Weaver *et al.*, 1985, citado por Rosas *et al.*, 2000 y Porch, 2016) señalan el efecto negativo de las altas temperaturas sobre el rendimiento del frijol.

El genotipo BFS 81 mostró valores promedios para varias de las características evaluadas entre los más altos, por ejemplo, para el número de vainas y de granos por vaina (valores de 8 y 5, respectivamente). Además, mostro una buena translocación de materia seca de la biomasa de la planta al grano bajo condiciones de sequía medido esto a través del Índice de cosecha (41%) y un buen índice de vaina (74%) , bajo estas mismas condiciones presento precocidad (30 días) y un buen peso de 100 semillas 27 (g).

Las variedades locales bajo condiciones de sequía mostraron los menores pesos promedios de 100 semillas con valores que oscilaron entre 20 y 23 g y algunas de ellas los menores índices de vaina y de cosecha (Cuadro 5). Esto implica que su rendimiento por área se ve afectado aunque presenten buen número de vainas por planta.

Las variedades mejoradas comerciales INTA Centro sur e INTA Fuerte sequía en presencia de sequía presentaron buen índice de cosecha y de vaina, precocidad y numero de vaina / planta (Cuadro 5).

El mayor peso de la semilla bajo condiciones de sequía permite a los genotipos ubicarse como genotipos de buen rendimiento (cuadro 5). Esta compensación entre los distintos componentes del rendimiento ha sido explicada por varios autores Beebe *et al.*, 2010, Mayor, 2010 y Polanía, 2011 observaron que cuando las plantas son sometidas a sequía estas traslocan con mayor eficiencia materia seca de la biomasa aérea de la planta y vaina hacia el grano.

Cuadro 5. Índice de cosecha (%), índice de vaina (%), días a flor, peso de 100 semillas (g), vainas/planta, granos/vaina, media geométrica (MG) e índice de eficiencia relativa (IER) bajo condiciones de sin sequía (SS). con sequía (CS) año 2015-2016.

Genotipos	Índice de cosecha (%)		Índice de vaina (%)		Días a floración		Peso 100 semillas (g)		Vaina/planta		Granos /vaina		Media Geométrica kg ha ⁻¹	índice de eficiencia relativa
	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS		
BFS 140	58	40	74	71	32	30	31	29	10	6	6	4	1059	1.57
BFS 81	55	41	72	74	31	30	28	27	12	8	5	5	1033	1.49
BFS 85	45	38	71	71	33	32	30	29	10	6	6	4	1023	1.46
INTA Centro Sur	54	40	72	69	33	32	25	24	11	6	6	4	966	1.3
BFS 67	41	31	71	73	34	32	28	26	12	6	6	4	943	1.24
Recreo 2	46	27	66	72	35	34	21	21	13	7	6	4	935	1.22
INTA Fuerte Sequía	42	54	67	73	32	30	28	26	11	8	5	5	919	1.18
BFS 10	46	35	71	75	33	32	27	27	9	6	6	4	888	1.1
BFS 84	32	22	69	65	34	32	28	27	8	5	6	5	883	1.09
Polon 2	40	25	72	70	33	33	22	23	12	8	6	4	843	0.99
BFS 112	52	33	70	72	34	32	31	25	10	6	6	4	840	0.98
BFS 103	51	39	75	73	33	32	29	24	10	7	6	4	824	0.95
BFS 39	48	30	75	75	34	32	26	25	10	6	5	4	819	0.94
Cuarenteño	28	32	70	69	34	33	21	21	12	7	6	4	772	0.83
Polon 1	37	28	71	68	34	30	22	20	12	8	6	4	746	0.78
INTA Rojo	51	40	72	69	34	34	25	24	7	5	5	5	744	0.77
BFS 141	40	38	68	69	35	34	27	26	10	6	5	4	703	0.69
BFS143	43	33	67	71	34	33	27	24	6	5	5	4	592	0.49
Recreo 1	54	26	70	68	31	30	24	20	10	4	5	4	508	0.36
Promedio	45	34	71	71	33	32	26	25	10	6	6	4	844	

4.4 Efecto de la fertilización sobre variable rendimiento

Según la figura 4 los genotipos que combinan los mayores rendimientos con y sin aplicación de fertilizante son: BFS 81 que con fertilizante su rendimiento es cercano a los 1300 kg ha⁻¹ y sin fertilizante es ligeramente superior a los 1,000 kg ha⁻¹ otro genotipo que esta combinando bien su rendimiento es el BFS 140, cuando recibe fertilización presenta un rendimiento de 1250 kg ha⁻¹, en ausencia de fertilización su rendimiento se aproxima a los 1,000 kg ha⁻¹. (Ver cuadrante superior derecho). Además estos genotipos presentaron la mayor media geométrica e índice de eficiencia relativa (Cuadro 6).

Podemos observar en la figura 4 que el genotipo con menor rendimiento con aplicación de fertilizante es la variedad local Recreo 1, de igual forma podemos observar que todas las variedades locales se ubican por debajo de la media general cuando estas no recibieron fertilización.

La variedad mejorada INTA Fuerte sequía es la única de las variedades comerciales que presenta rendimiento superior a la media de rendimiento con y sin fertilización.

Una buena parte de las variedades introducidas incluyendo una variedad comercial superó el promedio general de rendimiento alcanzado bajo condiciones sin fertilización. Cabe mencionar que bajo estas condiciones ninguna de las variedades locales supero la media. Lo anterior podría estar asociado a la capacidad que tienen los genotipos (BFS e INTA Fuerte sequía) de traslocar con mayor eficiencia materia seca de la planta al grano. Sin embargo con fertilización algunas de las variedades locales rindieron más que el promedio general bajo dichas condiciones y tan bueno o mejor en comparación con algunas de las introducidas. Datos similares presentó (Urbina, 2015) al comparar el rendimiento de variedades locales y mejoradas encontrando que algunas de las variedades locales fueron superiores a las mejoradas.

Cabe señalar que las líneas punteadas en la gráfica corresponden a la media general de los genotipos con y sin fertilización

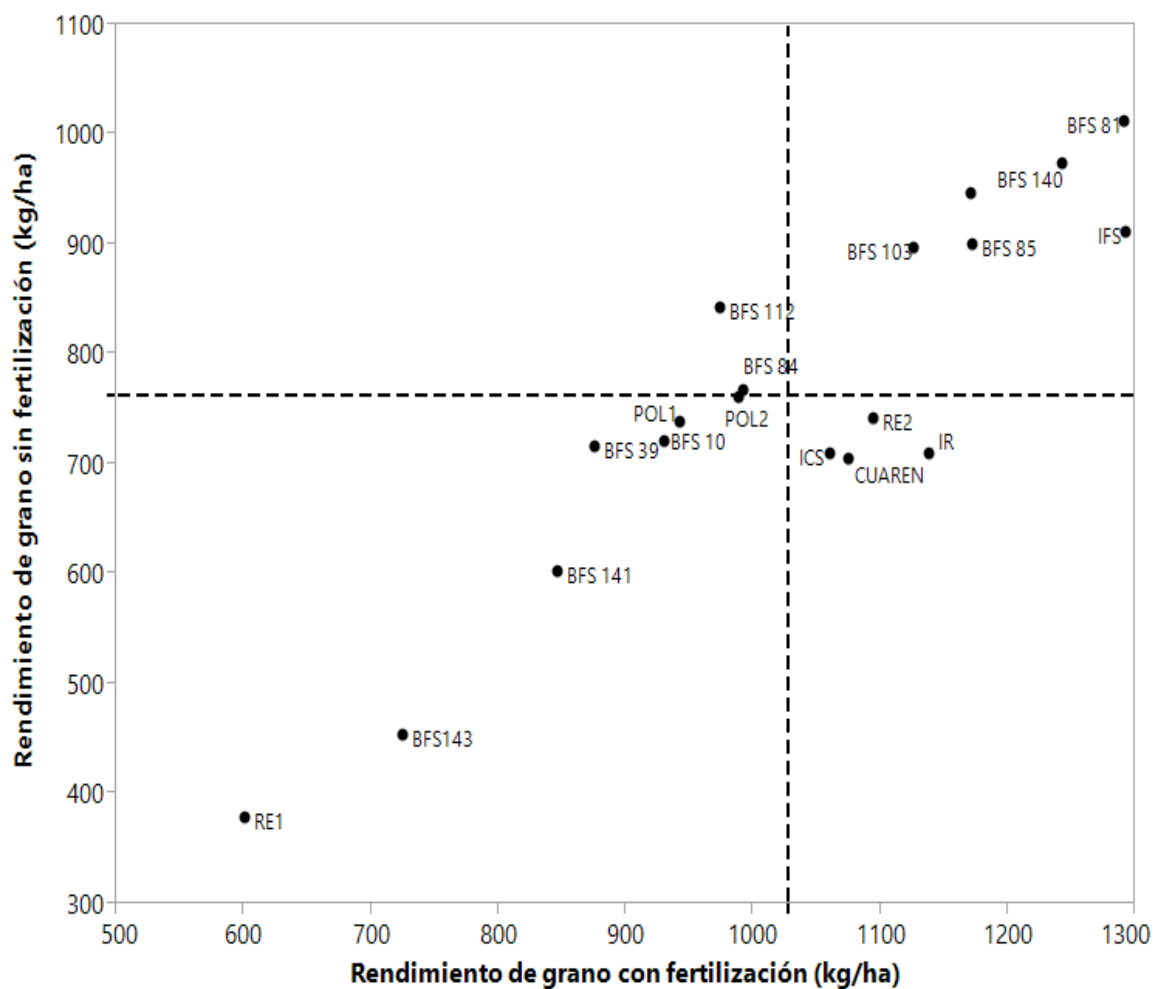


Figura 4. Relación entre rendimiento de grano con y sin fertilización de 19 genotipos de frijol en Santa Lucía, Morrito, Juigalpa, Nueva Guinea y El Rama en el año 2015-2016. Las líneas punteadas representan el valor promedio general del rendimiento de grano bajo condiciones sin y con fertilización.

4.5 Efecto de la fertilización sobre variables fisiológicas y fenológicas relacionadas al rendimiento

Los genotipos con mayores medias geométricas e índice de eficiencia relativa (cuadro 6) caen en el cuadrante superior derecho del rendimiento de grano (figura 4). Lo anterior sugiere la utilidad de la media geométrica y el índice de eficiencia relativa para ser utilizados como criterios de selección de genotipos evaluados bajo condiciones de deficiencia de fósforo (sin fertilizante).

Sin fertilizante los genotipos BFS 81 y BFS 140 presentaron buenos valores en cuanto a número de vainas por planta (9 y 8). Además, mostraron una buena translocación de materia seca de la biomasa de la planta al grano medido esto a través del índice de cosecha (40 y 46%) y un buen peso de 100 semillas 28 y 30 (g) respectivamente.

Las variedades locales sin fertilización y con fertilización mostraron los menores pesos promedios de 100 semillas (g) con valores que oscilaron entre 21 y 23 (Cuadro 6). Estos datos coinciden con los presentados por (Martínez, 1999, Benítez, 2008; Camelle, 2013). Al evaluar en Zamorano el efecto de alta y baja fertilidad sobre el rendimiento de grano y sus componentes, encontraron que el peso de 100 semillas no es afectado significativamente por alta o baja fertilidad, en estos estudios el peso del grano fue atribuido a la genética de cada genotipo de frijol.

De las variedades mejoradas comerciales el INTA Fuerte seguía en ausencia de fertilizante fue la que presento una buena cantidad de vainas por planta buen índice de cosecha (%) y buen peso de 100 semillas (g) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índice de cosecha (%), Peso de 100 semillas (g), vainas/planta, granos/vaina, Media Geométrica (MG) e índice de eficiencia relativa (IER) bajo condiciones con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF) año 2015 - 2016.

Genotipos	Índice de cosecha (%)		Peso de 100 semillas (g)		Vaina/planta		Granos/vaina		Media Geométrica (kg ha ⁻¹)	índice de eficiencia
	CF	SF	CF	SF	CF	SF	CF	SF		
BFS 81	48	40	28	28	11	9	5	5	1142	1.67
BFS 140	44	46	31	30	9	8	5	5	1099	1.54
INTA F. Sequía	46	45	27	27	11	8	5	5	1084	1.5
BFS 67	33	36	28	27	9	8	5	5	1053	1.42
BFS 85	41	47	31	30	8	7	4	5	1026	1.35
BFS 103	42	52	28	27	9	8	5	5	1004	1.29
BFS 112	41	41	29	29	9	7	5	5	905	1.05
INTA Rojo	49	45	25	25	9	6	5	5	897	1.03
Recreo 2	42	44	22	21	10	7	5	5	899	1.03
Cuarenteño	40	28	20	21	11	8	5	5	869	0.97
BFS 84	38	28	29	28	7	6	5	5	872	0.97
INTA C. Sur	43	44	26	24	9	6	6	5	866	0.96
Polon 2	35	32	23	23	11	7	5	5	866	0.96
Polon 1	34	38	21	21	11	8	5	5	832	0.89
BFS 10	44	34	27	27	7	7	5	5	818	0.86
BFS 39	40	39	26	25	8	7	4	5	791	0.8
BFS 141	40	38	27	26	8	7	5	5	713	0.65
BFS143	33	47	26	25	7	5	4	5	573	0.42
Recreo 1	47	36	22	21	8	5	5	5	477	0.29
Promedio	41	40	26	26	9	7	5	5	883	

4.6 Análisis de la interacción de los genotipos con el ambiente

En la figura 5 se presenta la asociación de los genotipos y ambientes en el espacio comprendido por los dos primeros componentes principales, los que explican el 70.5 % de la variabilidad de los residuos y se puede considerar que ellos son suficientes para explicar los patrones debido a la interacción.

Dada su cercanía al origen se puede decir que los genotipos BFS 39, BFS 112, BFS 143, BFS 141, BFS 84 y las variedades locales Polon 1 y Polon 2 presentaron mayor estabilidad en sus rendimientos de grano a través de los ambientes en estudio pero su contribución a la interacción fue baja en cambio los genotipos INTA Centro sur, BFS 140, BFS 81 y Cuarenteño son más inestables pero su contribución a la interacción fue alta.

Hay un grupo de genotipos que se desarrollan bien en los ambientes de Santa Lucía Morrito y El Recreo estos son BF 141, BFS 143 y cuarenteño sin embargo hay otro grupo de genotipos que están asociado a los ambientes de Chontales y El Rama los genotipos son: BFS 81, BFS 85 y BFS 140. Probablemente la asociación de los genotipos a los ambientes está determinada por el grado de parentesco entre los genotipos mejorados que conforman los grupos antes mencionado. Por tanto los ambientes podrían estar creando las condiciones necesarias para que se expresen los genes asociados al rendimiento de cada grupo de genotipo.

La estabilidad del rendimiento de grano, sobre todo a través del tiempo, es una característica positivamente valorada por los agricultores, sin embargo, en este estudio, la estabilidad espacial de los genotipos antes mencionados estuvo acompañada con un rendimiento promedio inferior a la media general a través de los ambientes.

En un programa de selección, el criterio de estabilidad del rendimiento de grano de los genotipos no es el único ya que puede ocurrir lo que se describió en el párrafo anterior por lo que una estrategia alternativa puede ser la selección de genotipos con adaptación específica. En este sentido sobresalen los genotipos BFS 81 e INTA Centro Sur, BFS 140, BFS 10, y Cuarenteño. En el caso de INTA Centro sur el ambiente de Juigalpa le permitió expresar su potencial de rendimiento, en cambio al

genotipo BFS 10 interactuó bien en el ambiente de El Recreo. La variedad local Cuarenteño presentó su mejor rendimiento en el ambiente de Morrito. Los ambientes de El Rama y Juigalpa permitieron a los genotipos BFS 140 y BFS 81, expresar su mayor potencial de rendimiento. Por otro lado, los ambientes de El Rama y Juigalpa permitieron una mejor discriminación de los genotipos evaluados

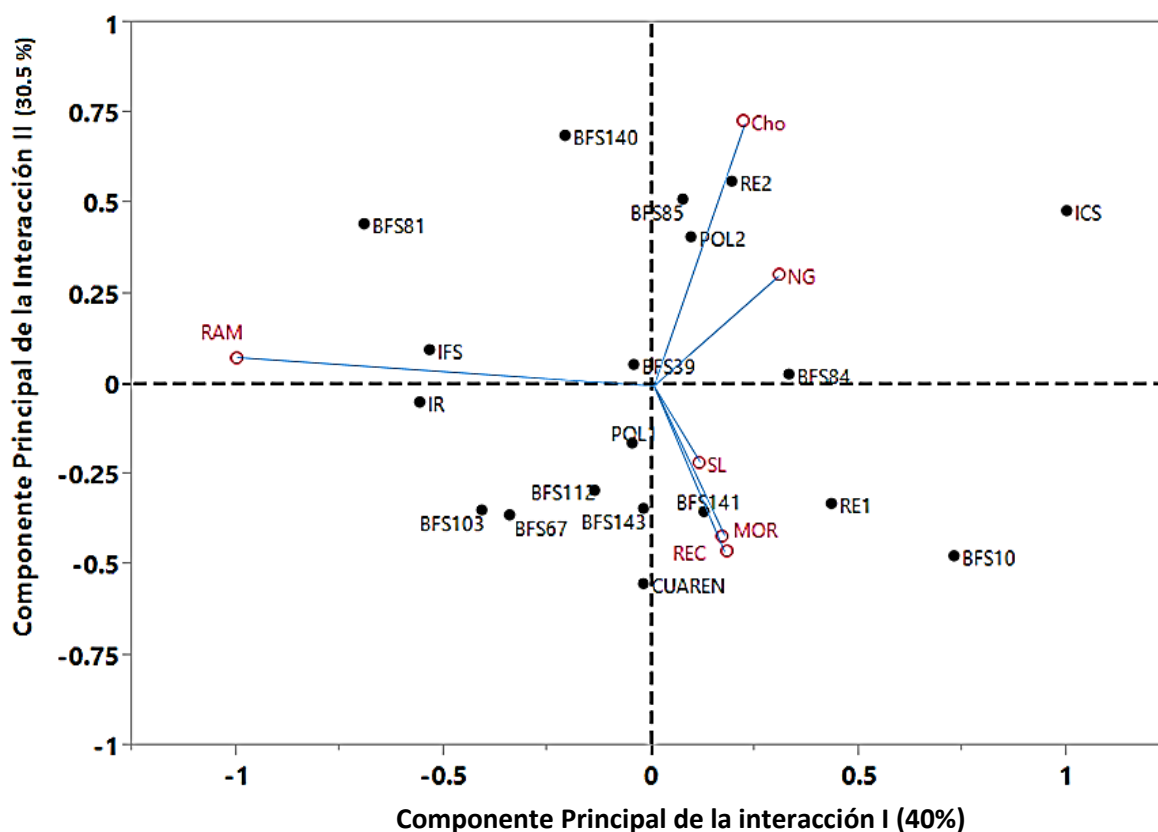


Figura 5. Contribución de los genotipos y ambientes a la interacción representada mediante los dos primeros componentes del modelo AMMI para rendimiento (kg ha^{-1}) de 19 genotipos de frijol rojo tolerantes a sequía y déficit de fósforo en seis ambientes año 2015-2016.

En la figura 6, se presenta la estabilidad y el rendimiento de los genotipos y ambientes. Tomando como referencia el eje de las abscisas podemos distinguir un grupo de genotipos introducidos (Figura 6, cuadrante inferior a la derecha) que claramente difieren en sus promedios del rendimiento de grano en comparación con las variedades locales consideradas en este estudio. Esto refleja el avance debido al fitomejoramiento en estos materiales genéticos, así como su adaptación a determinados ambientes donde fueron evaluados, sobre todo en aquellos donde prevalecieron buenas condiciones ambientales y posiblemente de manejo como son

Chontales y El Rama. En el caso del ambiente de Chontales es el ambiente más productivo esto podría estar asociado a la distribución de las precipitaciones por etapa fenológica del cultivo la cual fue la más cercana a lo normal (figura 2). Tal y como se mencionó en la figura 5, los genotipos presentaron diferentes niveles de estabilidad del rendimiento de grano (contribución diferenciada a la interacción) y esto también se aprecia en la Figura 6. Por ejemplo, los genotipos BFS 143 y BFS 39 se pueden considerar como estables pero de bajo rendimiento, en cambio el genotipo BFS 81 es el que presenta los mayores rendimientos a través de los ambientes pero es inestable. Otros genotipos (por ejemplo, BFS 85 y BFS 140) rindieron no tan bien como BFS 81 pero fueron bastante estables para este carácter. Datos similares presenta (Acosta *et al.*, 2012) reportando que los genotipos más productivos fueron los más inestables.

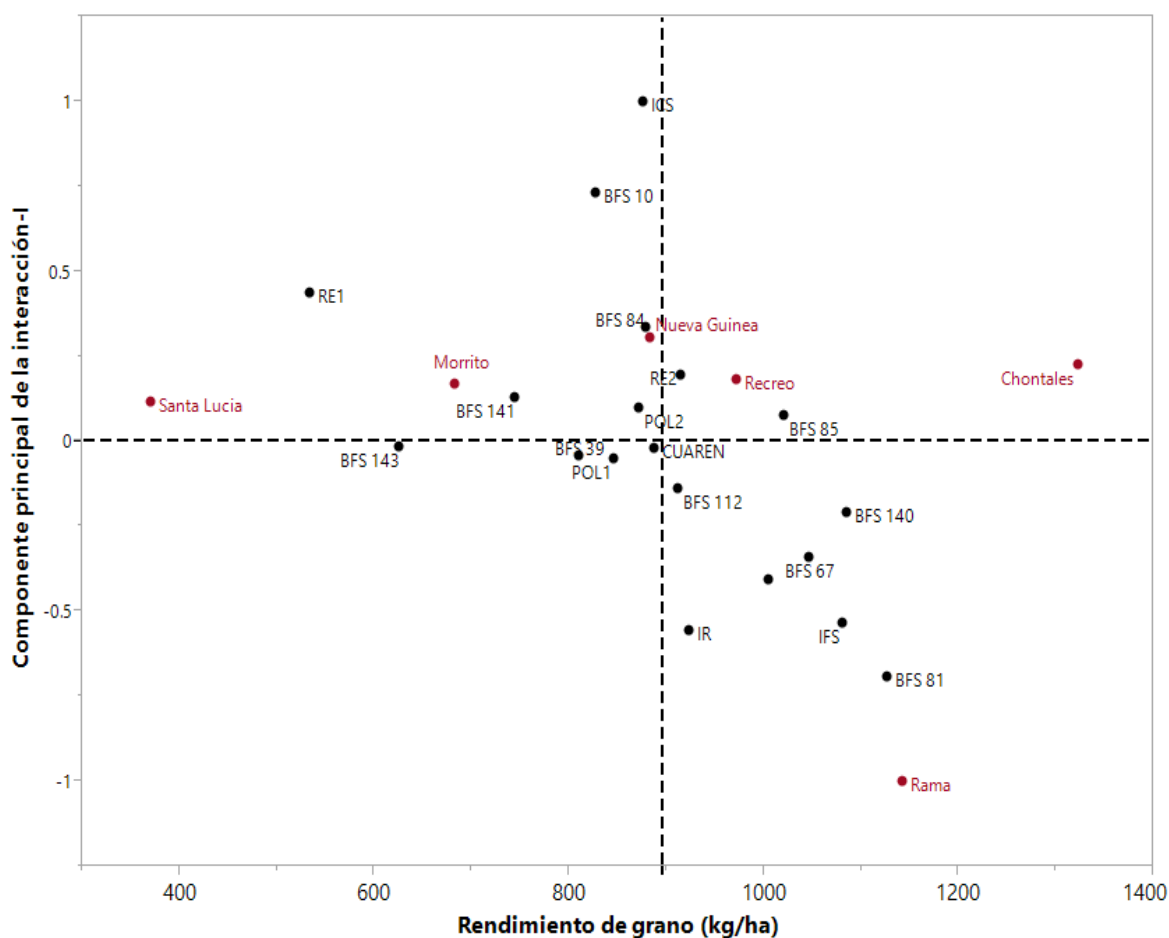


Figura 6. Primer componente principal y el rendimiento de grano de 19 genotipos de frijol rojo tolerantes a sequía y déficit de fósforo en seis ambientes año 2015-2016. La línea vertical punteada representa la media general del rendimiento y la línea horizontal punteada el valor cero del Componente Principal de la Interacción I

4.7 Correlaciones de las variables agronómicas y fisiológicas con el rendimiento de grano bajo condiciones con y sin fertilización y sequía

Los resultados mostrados en el Cuadro 7 indican que las variables peso de 100 granos, el número de vainas por planta y de granos por vaina mostraron una correlación, en general alta y significativa con el rendimiento de grano bajo las distintas condiciones estudiadas, es decir, con y sin disponibilidad fósforo y sequía. Esto indica que tales variables pueden contribuir a la identificación de genotipos superiores en cuanto al rendimiento de grano independientemente de las condiciones de disponibilidad fósforo o de sequía donde se lleve a cabo el proceso de selección.

Para las variables fenológicas y para los dos índices estudiados los resultados no fueron tan consistentes, por ejemplo, el índice de cosecha mostró una correlación significativa pero moderada con el rendimiento de grano lo anterior solo bajo condiciones de sequía. Si el factor limitante es la disponibilidad de fósforo posiblemente estos índices no sean de mucha utilidad debido a que la correlación con el rendimiento bajo estas condiciones resulto baja y en algunos casos no significativa. Con respecto a la relación entre el número de días a la cosecha y el rendimiento de grano, ésta fue débil y no significativa bajo las distintas condiciones estudiadas. Esto quiere decir que es poco confiable como criterio de selección indirecta para rendimiento de grano. Además, esta variable no depende directamente de la fenología de la planta sino que, aparte del efecto de los factores ambientales, muchas veces se ve influenciada por decisiones propias del investigador o del agricultor. La correlación ente el rendimiento y los días a flor bajo condiciones de sequía resulto significativa, aunque no tan fuerte. Esto podría ser de utilidad para fines de selección bajo condiciones de sequía.

Cuadro 7. Análisis estadístico y coeficientes de correlación entre rendimiento de grano con otras características fisiológicas y componentes del rendimiento bajo condiciones con y sin fertilización y de sequía en seis ambientes año 2015-2016.

Características	Correlación con rendimiento de grano			
	CF	SF	CS	SS
Índice de cosecha (%)	0.17	0.18	0.66	0.17
	NS	0.0432	0.0001	NS
	0.11	0.09	0.51	0.36
Índice de vaina (%)	NS	NS	0.001	0.0059
	-0.01	0.11	-0.25	0.003
Días a cosecha	NS	NS	NS	NS
	0.06	0.05	0.33	0.21
Días a floración	NS	NS	0.0371	NS
	0.32	0.39	0.8	0.24
Peso de 100 granos (g)	0.0004	0.0001	0.0001	0.0501
	0.75*	0.77	0.68	0.66
Numero de vaina / planta(no)	0.0001**	0.0001	0.0001	0.0001
	0.7	0.63	0.79	0.46
Numero de granos / vaina (no)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003

***coeficiente de correlación “r”**

****El valor de la probabilidad “p”**

V. CONCLUSIONES

Los análisis estadísticos mostraron que los genotipos que presentan los mayores rendimientos de grano bajo condiciones de campo con y sin limitaciones tanto en la disponibilidad de agua como en la disponibilidad de fósforo son: BFS 81 y el BFS 140. Lo anterior puede estar asociado a que dichos genotipos provienen de la cruce interespecíficas de *Phaseolus vulgaris* x *Phaseolus coccineus* que generan genotipos con mejor adaptación a condiciones adversas por su naturaleza genética.

La interacción genotipo ambiente mostró que a través de los ambientes estudiados hay genotipos estables pero de bajo rendimiento como el BFS 39, de igual forma observamos que hay genotipos estables y de buen rendimiento como BFS 85 y BFS 140 este tipo de comportamiento es el que se busca en un programa de mejoramiento cuando se desean variedades que puedan recomendarse a un mayor número de ambientes.

Las variables peso de 100 granos, número de vainas por planta y de granos por vaina mostraron una correlación, en general alto y significativo con el rendimiento de grano bajo las distintas condiciones estudiadas. Esto indica que tales variables pueden contribuir a la identificación de genotipos superiores en cuanto al rendimiento de grano independientemente de las condiciones de disponibilidad de fósforo o de sequía.

Los genotipos redujeron más su rendimiento cuando estos no fueron fertilizados comparado a la reducción del rendimiento cuando fueron afectados por sequía, lo anterior indica que el efecto de la sequía sobre los genotipos se podría reducir al hacer aplicaciones de fertilizante.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el establecimiento de los genotipos BFS 140, BFS 81, y BFS 85 en ambientes donde la sequía se presenta de forma regular y en suelos donde la disponibilidad de fósforo es baja.

Utilizar la media geométrica y el índice de eficiencia relativa como criterios de selección de genotipos tolerantes a sequía y a suelos con baja disponibilidad de fósforo.

En el caso del índice de cosecha utilizarlo únicamente como criterio de selección para genotipos tolerantes a sequía.

VII. LITERATURA CITADA

- Acosta, E; Amador, M; Padilla, J; Ramírez, Gómez, J; Valadez, H .2007. Biomasa y rendimiento de frijol tipo flor de junio bajo riego y sequía. Agricultura Técnica en México Vol. 33 Núm. p. 153-162.
- Acosta, J; Espinoza, T; Sánchez, Y; Jiménez, P; Rosales, R; Zandate, H; González, Rivas. 2012. Adaptación del frijol tipo flor de junio a diferentes ambientes de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems volumen 15 p 427-438.
- Aguirre, R; Peske, S.1988. Manual para el beneficiado de semilla. CIAT Cali, Colombia 248 p.
- Alcaldía de Juigalpa, 2006. Plan ambiental municipal de Juigalpa. Unidad ambiental municipal.
- Alcaldía de Morrito, 2009. Plan ambiental municipal de Morrito, Rio San Juan. Unidad ambiental municipal.
- Alcaldía de El Rama, 2015. Plan ambiental municipal de El Rama, RACCS. Unidad ambiental municipal.
- Andrades, M; Martínez, M. 2014.Fertilidad del suelos y parámetros que la definen. Universidad de la Roja. España.
- Beebe, S; I.M. Rao; Blair; Acosta, Gallegos. 2010.Phenotyping common beans for adaptation to drought. In: J. M. Ribaut and P. Monneveux (eds.) Drought phenotyping incrops:from theory to practice. Generation Challenge Program Special Issue on Phenotyping, pp. 311-334
- Beebe, S. 2016. Mejoramiento de frijol comun para estrés abiótico. Primer congreso sobre aumento de la productividad agropecuaria. Managua Nicaragua.
- Benites, M.2008. Características fenotípicas de líneas de frijol común tolerantes a la sequía y a la baja fertilidad. Tesis. Ing. Agr. Honduras Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano 18 p.
- Camelle, M. 2013. Caracterización de la tolerancia a sequía y baja fertilidad de genotipos de frijol. Tesis. Ing. Agr. Honduras Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. 24 p.

CATIE, (Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza) 2014. Semillas ortodoxas banco de germoplasma de CATIE. Cartago, Turrialba Costa Rica.

CATIE, (Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza) 2001. Bases agroecológicas y métodos participativos para la implementación de MIP con familias productoras en frijol. Región Centro Sur de Nicaragua.

CIAT, (Centro internacional de agricultura tropical) 1980. Problemas de la producción de frijol. Cali Colombia.

CIMMYT, (*Centro* Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) 2015. Taller sobre análisis estadístico multiambiental. Managua Nicaragua. Mayo 2015.

ENACAL. (Empresa Nicaragüense de acueductos y alcantarillado) Caracterización Municipal de Santa Lucía. En línea consultado el 04 de febrero 2017. Disponible: http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/Boaco/Santa_Lucia.pdf

Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Adv. Plant Nutr. 1: 57-102.

García, F. 2012. Dinámica de los principales nutrientes. Canelones , 29 de Noviembre.

Hernández, V; López, M; Vargas, P; Muruaga, J; Hernández, S; Mayek, P. 2013. Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas. Revista fitotecnia mexicana. Volumen 36 p 95 104.

INETER, (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales) 2009. Caracterización climática de la región Autónoma del atlántico sur (RAAS). En línea consultado el 10 de octubre 2016. Disponible: www.bvsde.org.ni/.8.%20Caracterizaci%20climatica%20de%20la%20RAAS.doc

INETER, (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales) 2009. Estudio hidrogeológico e isotópico del lago de Nicaragua

INIFON. (Instituto Nicaragüense de fomento municipal) Ficha municipal de Nueva Guinea. En línea consultado el 04 de febrero 2017. Disponible en: www.bvsde.org.ni/Web_textos/INIFOM/.Raas/.NuevaGuinea.htm

InfoStat. 2015. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

INTA, (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) 2009. Informe técnico anual. Evaluación de cinco niveles de fósforo sobre el rendimiento de frijol en tres localidades de la región autónoma del atlántico sur de Nicaragua.

JMP versión 11.0 (SAS 2013).

Lynch, J; Kai, N; Ebel, R; Bonser, A; Beck, D. 1995. Adaptación fisiológica de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a baja disponibilidad de fósforo. [Physiological adaptation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to low phosphorus availability. En línea consultado el 11 de marzo 2015. Disponible en: http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=GREY_LIT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=009180

Martínez, C. 1999. Evaluación de germoplasma de frijol tolerantes a suelos con bajos niveles de fertilidad. Tesis. Ing. Agr. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano 30 p.

Muñoz, G; Giraldo, G; Fernández, J. 1993. Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz y sorgo. CIAT Cali, Colombia 154 p.

Mayor, D; Víctor, M. 2010. Evaluación de líneas de frijol común andino (*Phaseolus vulgaris*) provenientes de cruza intra/inter acervo para tolerancia a sequía. Tesis Msc. Ciencias Agrarias. Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 95 p

Melgar, F. 2004. Desarrollo de una escala colorimétrica digital de triple estímulo para grano de frijol rojo centroamericano. Cartilla para evaluar el color de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. Honduras Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. 23 p.

Morales, Y. 2010. Caracterización fenotípica de líneas endogámicas recombinantes de la variedad de frijol rojo Amadeus 77 en condiciones de baja fertilidad. Tesis. Ing. Agr. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano 21 p.

MAGFOR, (Ministerio de agricultura ganadería y forestal) 2011. Producción de frijol bajo riego en Nicaragua. En línea consultado el 16 de mayo 2017 Disponible en:

http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Inicia_programa_de_frijol_de_riego_en_Nicaragua

MIFIC,(Ministerio de fomento industria y comercio) 2008. Cadenas productivas de granos básicos.Enlíneaconsultadoel11deMarzo2015.Disponible:<http://www.unctadxi.org/Sections/SSs/Nicaragua%20Granos%20Basicos%202008.pdf>

Polania, J. 2011.Identificación de características morfofisiológicas asociadas a la adaptación a sequía para ser usadas como criterios de selección en mejoramiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) Tesis. Msc. En ciencias agrarias. Colombia. Universidad de Colombia. Palmira. P 110.

Polania, J. A., Poschenrieder, C., Beebe, S., & Rao, I. M. (2016). "Effective Use of Water and Increased Dry Matter Partitioned to Grain Contribute to Yield of Common Bean Improved for Drought Resistance". *Frontiers in Plant Science*,7, 660. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.00660>

Quintana, J. O.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1983. Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. En: Orozco, H y Cerda, S. (Ed), (2013). Efecto de seis tratamientos bajo riego localizado en la producción de chilote en el cultivo de maíz (*Zea mays L*) variedad NB-S a una densidad de 125,000 plantas ha⁻¹ .Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria. 31p.

Reyes, J; Martínez, D; Rueda, R; Rodríguez, T. 2014.Efecto de estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de invernadero. Revista Iberoamericana de ciencias ISSN 2334-2501.Volumen 2, p 191-203.

Rodríguez, O; Chaveco, O; Ortiz, R; Ponce, M; Ríos, H; Miranda, M; Días, O; Portelles, Y; Torres, P; Cedeño, L. 2009. Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. Temas de ciencia y tecnología. Volumen vol. 13 número 39 p 19 30

Rosales, R; Ramírez, P; Acosta, J; Castillo, F; Kelly, J. 1999. Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. Agrociencia, volumen 34, p 153-165.

- Rosas, J; Castro, A; Beaver, J; Pérez, C; Morales, A; López, R. 2000. Mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común. *Agronomía mesoamericana*. Volumen 11, p. 1-10.
- Rosas, J; Frahn, M; Maket, N; López, E; Acosta, J; Kelly, J. 2003 Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical. *Agronomía mesoamericana*. 14(2); p 143-150.
- RED SICTA, (Red de Innovación Agrícola) 2010. El cultivo de frijol importancia e historia. Importancia de los cultivos representados por FENALCE, p 31-32.
- Tapia, H.; Camacho, A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. Editorial GTZ. Managua, NI. 181 p.
- Tim, P. 2016. Altas temperaturas. Taller de mejoramiento genético de frijol para estrés abiótico, realizado del 15 al 17 agosto. Mayagüez Puerto Rico.
- UNA (Universidad nacional agraria) 2008. Guías y Normas Metodológicas de las Formas de Culminación de Estudios. Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua. 56 p
- Urbina, J. 2015. Evaluación de dos variedades de frijol criollo (*Phaseolus vulgaris* L.) Balín, Abundo y una variedad mejorada INTA Matagalpa para la época de postrera en la comunidad de Limixto, en el segundo semestre del 2014, Matagalpa Nicaragua. Tesis. Ing. sistemas de producción. Universidad del norte de Nicaragua. UNN. 84p.
- Voysest, O; Singhs, S. (Eds). 1996. Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI, Bases para una estrategia en América Latina. Cali Colombia. p.23 56

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Santa Lucía época de primera 2015.

Tratamiento	Genotipo	Rend kg ha ⁻¹ con fertilizante	Rend kg ha ⁻¹ sin fertilizante	Media geométrica
T1	BFS 10	238	436	322
T2	BFS 141	348	190	257
T3	BFS 140	336	260	295
T4	BFS143	244	278	260
T5	BFS 103	280	240	259
T6	BFS 81	808	600	696
T7	BFS 85	576	276	398
T8	BFS 84	424	248	324
T9	BFS 112	530	586	557
T10	BFS 67	548	374	452
T11	BFS 39	414	330	396
T12	INTA ROJO	220	140	175
T13	INTA CENTRO SUR	462	294	368
T14	INTA SEQUÍA	762	490	611
T15	CUARENTEÑO	502	482	491
T16	POLON 1	434	412	422
T17	POLON 2	348	250	294
T18	RECREO 1	180	144	160
T19	RECREO 2	222	144	178
PROMEDIO		414.5	324.9	363.9

Anexo 2. Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Nueva Guinea época de apante 2015-2016.

Tratamiento	Genotipo	Rend kg ha ⁻¹ con fertilizante	Rend kg ha ⁻¹ sin fertilizante	Media geométrica
T1	BFS 10	1132.4	875.4	995.6
T2	BFS 141	891.3	595.1	728.2
T3	BFS 140	1600.4	1180.3	1374
T4	BFS143	898.5	394.7	595.5
T5	BFS 103	698.8	713.3	706
T6	BFS 81	1178.9	883.3	1020
T7	BFS 85	1073.4	1094.6	1083.9
T8	BFS 84	1033.2	906.9	967
T9	BFS 112	534.7	515.9	525
T10	BFS 67	868	831.6	849.6
T11	BFS 39	991.2	712.7	840
T12	INTA ROJO	1306.7	725.7	973.7
T13	INTA CENTRO SUR	1232.9	751.5	962.5
T14	INTA SEQUÍA	949.7	502.6	690.8
T15	CUARENTENO	820	589.1	695
T16	POLON 1	603.6	591.4	597
T17	POLON 2	1250	1153.3	1200
T18	RECREO 1	618.9	414.9	506.7
T19	RECREO 2	1484.4	927.3	1173
PROMEDIO		1008.7	755.7	867.5

Anexo 3. Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Chontales época de primera 2015.

Tratamiento	Genotipo	Rend kg ha ⁻¹ con fertilizante	Rend kg ha ⁻¹ sin fertilizante	Media geométrica
T1	BFS 10	1204	868	1022
T2	BFS 141	973	825	896
T3	BFS 140	2005	1673	1831
T4	SCR 143	839	499	647
T5	BFS 103	1451	1110	1269
T6	BFS 81	2027	1428	1701
T7	BFS 85	1998	1711	1849
T8	BFS 84	1656	1110	1355
T9	BFS 112	1425	1162	1287
T10	BFS 67	1405	1113	1251
T11	BFS 39	1486	902	1158
T12	INTA ROJO	1361	790	1037
T13	INTA CENTRO SUR	2455	1407	1859
T14	INTA SEQUÍA	2194	1082	1541
T15	CUARENTENO	1155	810	967
T16	POLON 1	1505	1000	1227
T17	POLON 2	1511	1311	1407
T18	RECREO 1	872	616	733
T19	RECREO 2	1850	1496	1664
PROMEDIO		1545.8	1100.6	1300.0

Anexo 4. Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de El Recreo época de apante 2015-2016.

Tratamiento	Genotipo	Rend kg ha ⁻¹ con fertilizante	Rend kg ha ⁻¹ sin fertilizante	Media geométrica
T1	BFS 10	1629.8	1079.2	1326
T2	BFS 141	1119.2	747.1	914
T3	BFS 140	1119.5	910.1	1009
T4	BFS143	762.7	598.8	676
T5	BFS 103	1555.2	1347.9	1447
T6	BFS 81	885.5	903.7	894.5
T7	BFS 85	1282.9	872	1057
T8	BFS 84	1152.2	930.9	1035.6
T9	BFS 112	1305	1236.8	1270
T10	BFS 67	1650.3	1397.9	1518.8
T11	BFS 39	870.9	1089.2	973.9
T12	INTA ROJO	779.4	651.3	712
T13	INTA CENTRO SUR	947.5	859.9	902.6
T14	INTA SEQUÍA	1001.4	840.1	916.9
T15	CUARENTENO	1150.7	760	935
T16	POLON 1	827.2	833.7	830
T17	POLON 2	583.3	433.9	503
T18	RECREO 1	551	411.7	476
T19	RECREO 2	1102.4	770.4	921.5
PROMEDIO		1067.1	877.6	964.1

Anexo 5. Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de El Rama época de apante 2015-2016.

Tratamiento	Genotipo	Rend kg ha ⁻¹ con fertilizante	Rend kg ha ⁻¹ sin fertilizante	Media geométrica
T1	BFS 10	724.1	286.3	455
T2	BFS 141	1022.6	721.1	858
T3	BFS 140	1859.9	1255.5	1528
T4	BFS143	1183.1	529.1	719
T5	BFS 103	1864.2	1246.3	1524
T6	BFS 81	2105.1	1738	1912
T7	BFS 85	1531.5	942.1	1201
T8	BFS 84	998.6	751.1	866
T9	BFS 112	1458.6	986	1199
T10	BFS 67	1786	1305	1526
T11	BFS 39	1153.6	1021.2	1085
T12	INTA ROJO	1957.2	1276.2	1580
T13	INTA CENTRO SUR	509.8	224.4	338
T14	INTA SEQUÍA	1786.1	1657.3	1720
T15	CUARENTENO	1498	724	1041
T16	POLON 1	1399.5	792.1	1052
T17	POLON 2	1428.5	727.4	1019
T18	RECRESO 1	654.1	153.6	316
T19	RECRESO 2	1444.1	675	927
PROMEDIO		1387.6	895.3	1098.2

Anexo 6. Media geométrica de los genotipos establecidos en el ambiente de Morrito época de postrera 2015.

Tratamiento	Genotipo	Rend kg ha ⁻¹ con fertilizante	Rend kg ha ⁻¹ sin fertilizante	Media geométrica
T1	BFS 10	654.9	781.6	715
T2	BFS 141	723.6	535.8	622
T3	BFS 140	539.1	557.3	548
T4	SCR 143	423.6	418.7	421
T5	BFS 103	907.8	722.2	809
T6	BFS 81	739.4	519	619
T7	BFS 85	570	506.7	537
T8	BFS 84	695.8	654.9	675
T9	BFS 112	593.5	564.8	578
T10	BFS 67	769.1	662.5	713
T11	BFS 39	342.2	240.5	286
T12	INTA ROJO	1201.7	668.8	896
T13	INTA CENTRO SUR	757.2	722	739
T14	INTA SEQUÍA	1062.3	892.1	973
T15	CUARENTEÑO	1325.1	859.5	1067
T16	POLON 1	880	798.1	838
T17	POLON 2	810.4	688.4	746
T18	RECREO 1	732.2	535.6	625
T19	RECREO 2	458.8	438	448
PROMEDIO		746.6	619.2	676.5

Anexo 7. Valor comercial de los genotipos establecidos en el ensayo de genotipos tolerantes a sequía y baja disponibilidad de fósforo según escala utilizada por Zamorano, época primera postrera y apante 2015-2016.

Tratamiento	Genotipo	Valor comercial
T1	BFS 10	4
T2	BFS 141	4
T3	BFS 140	4
T4	BFS143	4
T5	BFS 103	4
T6	BFS 81	4
T7	BFS 85	4
T8	BFS 84	4
T9	BFS 112	4
T10	BFS 67	4
T11	BFS 39	4
T12	INTA ROJO	5
T13	INTA CENTRO SUR	3
T14	INTA SEQUÍA	5
T15	CUARENTEÑO	3
T16	POLON 1	3
T17	POLON 2	6
T18	RECREO 1	7
T19	RECREO 2	7

Valor comercial: Se utilizó la escala de color de grano del 1 a 9 desarrollada para evaluar variedades de grano rojo pequeño (raza Mesoamericana). Según esta escala 1=muy buena aceptación, y 9= pobre aceptación (Melgar, 2004). En términos prácticos el valor 1 son valores que se le da a variedades con colores de grano igual a la variedad criolla rojo nacional, 3 se da a variedades con buen color de grano pero un poco más oscuro que el rojo nacional, 5 se da a variedades que tienen el color igual a INTA Rojo, 7 valor que se da a variedades de color más oscuro que INTA Rojo 9 a variedades de color rojo oscuro.

Anexo 8. Análisis de suelo de los sitios donde se establecieron los ensayos de genotipos de frijol tolerantes a sequía y baja disponibilidad de fósforo 2015 -2016.

Ambientes	Análisis de rutina					Textura
	pH	MO	N	P-disp.	K-disp	
	H2O	%		ppm	meq/100 g suelo	
El Rama	5.06	4.01	0.2	4.73	0.13	Franco arcilloso
El Rama (El Recreo)	5.55	3.19	0.16	18.71	SD	Franco arcilloso
Nueva Guinea	4.4	4.4	0.22	10.8	0.21	Franco arcilloso
Santa Lucía	6.12	3.49	0.17	7.47	SD	Arcilloso
Morrito	6.05	6.38	0.32	10.22	0.69	Arcilloso
Chontales /Juigalpa	7.37	6.74	0.34	8.00	SD	Franco arcilloso

Fuente: análisis del laboratorio de suelo de la UNA

Método utilizado: Materia orgánica: Walkey and Black, fósforo: OLSEN, Potasio: OLSEN.

Profundidad de muestreo: 20 cm

SD: Sin dato

ppm= mg/kg

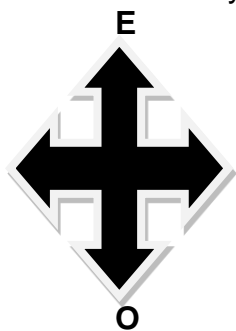
meq/100 g suelo =cmol (+)/kg

.

Anexo 9. Plano de campo del ensayo evaluación de genotipos tolerantes a sequía y suelos con baja disponibilidad de fósforo 2015 2016.

Se estableció en parcelas apareadas por localidad.

Ambientes donde se estableció Santa Lucía, Juigalpa, Morrito, Nueva Guinea, El Recreo y El Rama.



Bloque I Genotipos con y sin aplicación de fertilizante

T1 Con fer	T1 Sin fer	T2 5mts	T2	T3	T3	T4	T4	T5	T5	T6	T6	T7	T7	T8	T8	T9 Con fer	T9 Sin fer	T10	T10
------------------	------------------	------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	------------------	------------------	-----	-----

2 mts.

Bloque II Genotipos con y sin aplicación de fertilizante

T11 Co n Fer	T1 1 Sin fer	T12 5mts	T1 2	T1 3	T1 3	T1 4	T1 4	T1 5	T1 5	T16 Co n fer	T1 6 Sin fer	T1 7	T1 7	T1 8	T1 8	T1 9	T19
-----------------------	-----------------------	-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------------------	-----------------------	---------	---------	---------	---------	---------	-----

2 mts.

Anexo 10. Base de datos del rendimiento de los genotipos evaluados en las diferentes localidades del ensayo evaluación de genotipos tolerantes a sequía y suelos con baja disponibilidad de fósforo 2015 2016

Comunidad	Tratamiento	Rendimiento Kg/ha
Chontales CF	BFS 10	1204
Chontales CF	BFS 141	973
Chontales CF	BFS 140	2005
Chontales CF	SCR 143	839
Chontales CF	BFS 103	1451
Chontales CF	BFS 81	2027
Chontales CF	BFS 85	1998
Chontales CF	BFS 84	1656
Chontales CF	BFS 112	1425
Chontales CF	BFS 67	1405
Chontales CF	BFS 39	1486
Chontales CF	INTA ROJO	1361
Chontales CF	INTA CENTRO SUR	2455
Chontales CF	INTA SEQUIA	2194
Chontales CF	CUARENTENÑO	1155
Chontales CF	POLON 1	1505
Chontales CF	POLON 2	1511
Chontales CF	RECREO 1	872
Chontales CF	RECREO 2	1850
Chontales SF	BFS 10	868
Chontales SF	BFS 141	825
Chontales SF	BFS 140	1673
Chontales SF	SCR 143	499
Chontales SF	BFS 103	1110
Chontales SF	BFS 81	1428
Chontales SF	BFS 85	1711
Chontales SF	BFS 84	1110
Chontales SF	BFS 112	1162
Chontales SF	BFS 67	1113
Chontales SF	BFS 39	902
Chontales SF	INTA ROJO	790
Chontales SF	INTA CENTRO SUR	1407
Chontales SF	INTA SEQUIA	1082
Chontales SF	CUARENTENÑO	810
Chontales SF	POLON 1	1000
Chontales SF	POLON 2	1311

Chontales SF	RECREO 1	616
Chontales SF	RECREO 2	1496
Morrito CF	BFS 10	654.9
Morrito CF	BFS 141	723.6
Morrito CF	BFS 140	539.1
Morrito CF	SCR 143	423.6
Morrito CF	BFS 103	907.8
Morrito CF	BFS 81	739.4
Morrito CF	BFS 85	570
Morrito CF	BFS 84	695.8
Morrito CF	BFS 112	593.5
Morrito CF	BFS 67	769.1
Morrito CF	BFS 39	342.2
Morrito CF	INTA ROJO	1201.7
Morrito CF	INTA CENTRO SUR	757.2
Morrito CF	INTA SEQUIA	1062.3
Morrito CF	CUARENTENO	1325.1
Morrito CF	POLON 1	880
Morrito CF	POLON 2	810.4
Morrito CF	RECREO 1	732.2
Morrito CF	RECREO 2	458.8
Morrito SF	BFS 10	781.6
Morrito SF	BFS 141	535.8
Morrito SF	BFS 140	557.3
Morrito SF	SCR 143	418.7
Morrito SF	BFS 103	722.2
Morrito SF	BFS 81	519
Morrito SF	BFS 85	506.7
Morrito SF	BFS 84	654.9
Morrito SF	BFS 112	564.8
Morrito SF	BFS 67	662.5
Morrito SF	BFS 39	240.5
Morrito SF	INTA ROJO	668.8
Morrito SF	INTA CENTRO SUR	722
Morrito SF	INTA SEQUIA	892.1
Morrito SF	CUARENTENO	859.5
Morrito SF	POLON 1	798.1
Morrito SF	POLON 2	688.4
Morrito SF	RECREO 1	535.6
Morrito SF	RECREO 2	438
El Rama CF	BFS 10	724.1

El Rama CF	BFS 141	1022.6
El Rama CF	BFS 140	1859.9
El Rama CF	BFS143	1183.1
El Rama CF	BFS 103	1864.2
El Rama CF	BFS 81	2105.1
El Rama CF	BFS 85	1531.5
El Rama CF	BFS 84	998.6
El Rama CF	BFS 112	1458.6
El Rama CF	BFS 67	1786
El Rama CF	BFS 39	1153.6
El Rama CF	INTA ROJO	1957.2
El Rama CF	INTA CENTRO SUR	509.8
El Rama CF	INTA SEQUIA	1786.1
El Rama CF	CUARENTENO	1498
El Rama CF	POLON 1	1399.5
El Rama CF	POLON 2	1428.5
El Rama CF	RECREO 1	654.1
El Rama CF	RECREO 2	1444.1
El Rama SF	BFS 10	286.3
El Rama SF	BFS 141	721.1
El Rama SF	BFS 140	1255.5
El Rama SF	BFS143	529.1
El Rama SF	BFS 103	1246.3
El Rama SF	BFS 81	1738
El Rama SF	BFS 85	942.1
El Rama SF	BFS 84	751.1
El Rama SF	BFS 112	986
El Rama SF	BFS 67	1305
El Rama SF	BFS 39	1021.2
El Rama SF	INTA ROJO	1276.2
El Rama SF	INTA CENTRO SUR	224.4
El Rama SF	INTA SEQUIA	1657.3
El Rama SF	CUARENTENO	724
El Rama SF	POLON 1	792.1
El Rama SF	POLON 2	727.4
El Rama SF	RECREO 1	153.6
El Rama SF	RECREO 2	675
Santa Lucia CF	BFS 10	238
Santa Lucia CF	BFS 141	348
Santa Lucia CF	BFS 140	336
Santa Lucia CF	BFS143	244
Santa Lucia CF	BFS 103	280
Santa Lucia CF	BFS 81	808

Santa Lucia CF	BFS 85	576
Santa Lucia CF	BFS 84	424
Santa Lucia CF	BFS 112	530
Santa Lucia CF	BFS 67	548
Santa Lucia CF	BFS 39	414
Santa Lucia CF	INTA ROJO	220
Santa Lucia CF	INTA CENTRO SUR	462
Santa Lucia CF	INTA SEQUIA	762
Santa Lucia CF	CUARENTENO	502
Santa Lucia CF	POLON 1	434
Santa Lucia CF	POLON 2	348
Santa Lucia CF	RECREO 1	180
Santa Lucia CF	RECREO 2	222
Santa Lucia SF	BFS 10	436
Santa Lucia SF	BFS 141	190
Santa Lucia SF	BFS 140	260
Santa Lucia SF	BFS143	278
Santa Lucia SF	BFS 103	240
Santa Lucia SF	BFS 81	600
Santa Lucia SF	BFS 85	276
Santa Lucia SF	BFS 84	248
Santa Lucia SF	BFS 112	586
Santa Lucia SF	BFS 67	374
Santa Lucia SF	BFS 39	330
Santa Lucia SF	INTA ROJO	140
Santa Lucia SF	INTA CENTRO SUR	294
Santa Lucia SF	INTA SEQUIA	490
Santa Lucia SF	CUARENTENO	482
Santa Lucia SF	POLON 1	412
Santa Lucia SF	POLON 2	250
Santa Lucia SF	RECREO 1	144
Santa Lucia SF	RECREO 2	144
El Recreo CF	BFS 10	1629.8
El Recreo CF	BFS 141	1119.2
El Recreo CF	BFS 140	1119.5
El Recreo CF	BFS143	762.7
El Recreo CF	BFS 103	1555.2
El Recreo CF	BFS 81	885.5
El Recreo CF	BFS 85	1282.9
El Recreo CF	BFS 84	1152.2
El Recreo CF	BFS 112	1305
El Recreo CF	BFS 67	1650.3
El Recreo CF	BFS 39	870.9

El Recreo CF	INTA ROJO	779.4
El Recreo CF	INTA CENTRO SUR	947.5
El Recreo CF	INTA SEQUIA	1001.4
El Recreo CF	CUARENTENO	1150.7
El Recreo CF	POLON 1	827.2
El Recreo CF	POLON 2	583.3
El Recreo CF	RECREO 1	551
El Recreo CF	RECREO 2	1102.4
El Recreo SF	BFS 10	1079.2
El Recreo SF	BFS 141	747.1
El Recreo SF	BFS 140	910.1
El Recreo SF	BFS143	598.8
El Recreo SF	BFS 103	1347.9
El Recreo SF	BFS 81	903.7
El Recreo SF	BFS 85	872
El Recreo SF	BFS 84	930.9
El Recreo SF	BFS 112	1236.8
El Recreo SF	BFS 67	1397.9
El Recreo SF	BFS 39	1089.2
El Recreo SF	INTA ROJO	651.3
El Recreo SF	INTA CENTRO SUR	859.9
El Recreo SF	INTA SEQUIA	840.1
El Recreo SF	CUARENTENO	760
El Recreo SF	POLON 1	833.7
El Recreo SF	POLON 2	433.9
El Recreo SF	RECREO 1	411.7
El Recreo SF	RECREO 2	770.4
Nueva Guinea CF	BFS 10	1132.4
Nueva Guinea CF	BFS 141	891.3
Nueva Guinea CF	BFS 140	1600.4
Nueva Guinea CF	BFS143	898.5
Nueva Guinea CF	BFS 103	698.8
Nueva Guinea CF	BFS 81	1178.9
Nueva Guinea CF	BFS 85	1073.4
Nueva Guinea CF	BFS 84	1033.2
Nueva Guinea CF	BFS 112	534.7
Nueva Guinea CF	BFS 67	868
Nueva Guinea CF	BFS 39	991.2
Nueva Guinea CF	INTA ROJO	1306.7
Nueva Guinea CF	INTA CENTRO SUR	1232.9
Nueva Guinea CF	INTA SEQUIA	949.7
Nueva Guinea CF	CUARENTENO	820
Nueva Guinea CF	POLON 1	603.6
Nueva Guinea CF	POLON 2	1250
Nueva Guinea CF	RECREO 1	618.9

Nueva Guinea CF	RECREO 2	1484.4
Nueva Guinea SF	BFS 10	875.4
Nueva Guinea SF	BFS 141	595.1
Nueva Guinea SF	BFS 140	1180.3
Nueva Guinea SF	BFS143	394.7
Nueva Guinea SF	BFS 103	713.3
Nueva Guinea SF	BFS 81	883.3
Nueva Guinea SF	BFS 85	1094.6
Nueva Guinea SF	BFS 84	906.9
Nueva Guinea SF	BFS 112	515.9
Nueva Guinea SF	BFS 67	831.6
Nueva Guinea SF	BFS 39	712.7
Nueva Guinea SF	INTA ROJO	725.7
Nueva Guinea SF	INTA CENTRO SUR	751.5
Nueva Guinea SF	INTA SEQUIA	502.6
Nueva Guinea SF	CUARENTENO	589.1
Nueva Guinea SF	POLON 1	591.4
Nueva Guinea SF	POLON 2	1153.3
Nueva Guinea SF	RECREO 1	414.9
Nueva Guinea SF	RECREO 2	927.3